

27.8.2004

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

REC'D 24 SEP 2004

WIPO

PCT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 2004年 2月18日
Date of Application:

出願番号 特願2004-041848
Application Number:
[ST. 10/C]: [JP2004-041848]

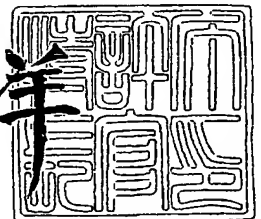
出願人 株式会社ニコン
Applicant(s):

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

2004年 8月16日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

小川 洋



【書類名】 特許願
【整理番号】 04-0081NK
【提出日】 平成16年 2月18日
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 G03B 20/00
【発明者】
 【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内
 【氏名】 國分 崇生
【特許出願人】
 【識別番号】 000004112
 【氏名又は名称】 株式会社ニコン
【代理人】
 【識別番号】 100112427
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 藤本 芳洋
【手数料の表示】
 【予納台帳番号】 168687
 【納付金額】 21,000円
【提出物件の目録】
 【物件名】 特許請求の範囲 1
 【物件名】 明細書 1
 【物件名】 図面 1
 【物件名】 要約書 1
 【包括委任状番号】 0016868

【書類名】 特許請求の範囲**【請求項 1】**

露光ビームでマスクを照明し、投影光学系を介して前記マスクのパターンを基板上に転写し、前記基板の表面と前記投影光学系との間に所定の液体を介在させた露光装置に使用される光学素子であって、

前記投影光学系の前記基板側の透過光学素子の表面に前記液体への溶解を防止するための金属製溶解防止膜が成膜されていることを特徴とする光学素子。

【請求項 2】

露光ビームでマスクを照明し、投影光学系を介して前記マスクのパターンを基板上に転写し、前記基板の表面と前記投影光学系との間に所定の液体を介在させた露光装置に使用される光学素子であって、

前記投影光学系の前記基板側の透過光学素子の表面に成膜された密着力強化膜と、

前記密着力強化膜の表面に成膜された金属製溶解防止膜とを備えることを特徴とする光学素子。

【請求項 3】

露光ビームでマスクを照明し、投影光学系を介して前記マスクのパターンを基板上に転写し、前記基板の表面と前記投影光学系との間に所定の液体を介在させた露光装置に使用される光学素子であって、

前記投影光学系の前記基板側の透過光学素子の表面に成膜された金属製溶解防止膜と、

前記金属製溶解防止膜の表面に成膜された金属製溶解防止膜保護膜とを備えることを特徴とする光学素子。

【請求項 4】

露光ビームでマスクを照明し、投影光学系を介して前記マスクのパターンを基板上に転写し、前記基板の表面と前記投影光学系との間に所定の液体を介在させた露光装置に使用される光学素子であって、

前記投影光学系の前記基板側の透過光学素子の表面に成膜された密着力強化膜と、

前記密着力強化膜の表面に成膜された金属製溶解防止膜と、

前記金属製溶解防止膜の表面に成膜された金属製溶解防止膜保護膜とを備えることを特徴とする光学素子。

【請求項 5】

前記金属製溶解防止膜は、前記投影光学系の前記基板側の透過光学素子のテーパ面に成膜されることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 4 のいずれか一項に記載の光学素子。

【請求項 6】

前記金属製溶解防止膜は、金(Au)、白金(Pt)及び銀(Ag)の中の少なくとも 1 つにより形成される膜により構成されることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 5 のいずれか一項に記載の光学素子。

【請求項 7】

前記金属製溶解防止膜保護膜は、二酸化珪素(SiO_2)、酸化イットリウム(Y_2O_3)、フッ化ネオジム(Nd_2F_3)、酸化クロム(Cr_2O_3)、五酸化タンタル(Ta_2O_5)、五酸化ニオブ(Nb_2O_5)、二酸化チタン(TiO_2)、二酸化ジルコニウム(ZrO_2)、二酸化ハフニウム(HfO_2)及び酸化ランタン(La_2O_3)の中の少なくとも 1 つにより形成される膜により構成されることを特徴とする請求項 3 または請求項 4 記載の光学素子。

【請求項 8】

露光ビームでマスクを照明し、投影光学系を介して前記マスクのパターンを基板上に転写し、前記基板の表面と前記投影光学系との間に所定の液体を介在させた露光装置に使用される光学素子であって、

前記投影光学系の前記基板側の透過光学素子の表面に水への溶解度が 2 p p t 以下である溶解防止膜が成膜されていることを特徴とする光学素子。

【請求項 9】

露光ビームでマスクを照明し、投影光学系を介して前記マスクのパターンを基板上に転

写し、前記基板の表面と前記投影光学系との間に所定の液体を介在させた露光装置に使用される光学素子であって、

前記投影光学系の前記基板側の透過光学素子の表面に充填密度が95%以上である溶解防止膜が成膜されていることを特徴とする光学素子。

【請求項10】

前記溶解防止膜は、前記投影光学系の前記基板側の透過光学素子のテーパ面に成膜されることを特徴とする請求項8または請求項9記載の光学素子。

【請求項11】

前記溶解防止膜は、金属膜により構成されることを特徴とする請求項8乃至請求項10のいずれか一項に記載の光学素子。

【請求項12】

前記金属膜は、金(Au)、白金(Pt)及び銀(Ag)の中の少なくとも1つにより形成される膜により構成されることを特徴とする請求項11記載の光学素子。

【請求項13】

前記溶解防止膜の表面に前記溶解防止膜を保護するための溶解防止膜保護膜が成膜されることを特徴とする請求項8乃至請求項12のいずれか一項に記載の光学素子。

【請求項14】

前記溶解防止膜保護膜は、二酸化珪素(SiO_2)、酸化イットリウム(Y_2O_3)、フッ化ネオジム(Nd_2F_3)、酸化クロム(Cr_2O_3)、五酸化タンタル(Ta_2O_5)、五酸化ニオブ(Nb_2O_5)、二酸化チタン(TiO_2)、二酸化ジルコニウム(ZrO_2)、二酸化ハフニウム(HfO_2)及び酸化ランタン(La_2O_3)の中の少なくとも1つにより形成される膜により構成されることを特徴とする請求項13記載の光学素子。

【請求項15】

前記投影光学系の前記基板側の透過光学素子の表面と前記溶解防止膜との間に、前記透過光学素子の表面と前記溶解防止膜の密着力を向上させるための密着力強化膜が成膜されることを特徴とする請求項8乃至請求項14のいずれか一項に記載の光学素子。

【請求項16】

前記密着力強化膜は、タンタル(Ta)及びクロム(Cr)の少なくとも1つにより形成される膜により構成されることを特徴とする請求項2、請求項4及び請求項15のいずれか一項に記載の光学素子。

【請求項17】

露光ビームでマスクを照明し、投影光学系を介して前記マスクのパターンを基板上に転写し、前記基板の表面と前記投影光学系との間に所定の液体を介在させた露光装置であって、

前記投影光学系の前記基板側の透過光学素子の表面に前記液体への溶解を防止するための金属製溶解防止膜を備えることを特徴とする露光装置。

【請求項18】

露光ビームでマスクを照明し、投影光学系を介して前記マスクのパターンを基板上に転写し、前記基板の表面と前記投影光学系との間に所定の液体を介在させた露光装置であって、

前記投影光学系の前記基板側の透過光学素子の表面に成膜された密着力強化膜と、
前記密着力強化膜の表面に成膜された金属製溶解防止膜と
を備えることを特徴とする露光装置。

【請求項19】

露光ビームでマスクを照明し、投影光学系を介して前記マスクのパターンを基板上に転写し、前記基板の表面と前記投影光学系との間に所定の液体を介在させた露光装置であって、

前記投影光学系の前記基板側の透過光学素子の表面に成膜された金属製溶解防止膜と、
前記金属製溶解防止膜の表面に成膜された金属製溶解防止膜保護膜と
を備えることを特徴とする露光装置。

【請求項 20】

露光ビームでマスクを照明し、投影光学系を介して前記マスクのパターンを基板上に転写し、前記基板の表面と前記投影光学系との間に所定の液体を介在させた露光装置であって、

前記投影光学系の前記基板側の透過光学素子の表面に成膜された密着力強化膜と、
前記密着力強化膜の表面に成膜された金属製溶解防止膜と、
前記金属製溶解防止膜の表面に成膜された金属製溶解防止膜保護膜と
を備えることを特徴とする露光装置。

【請求項 21】

前記金属製溶解防止膜は、前記投影光学系の前記基板側の透過光学素子のテーパ面に成膜されることを特徴とする請求項 17 乃至請求項 20 のいずれか一項に記載の露光装置

。

【請求項 22】

前記金属製溶解防止膜は、金(Au)、白金(Pt)及び銀(Ag)の中の少なくとも 1 つにより形成される膜により構成されることを特徴とする請求項 17 乃至請求項 21 のいずれか一項に記載の露光装置。

【請求項 23】

前記金属製溶解防止膜保護膜は、二酸化珪素(SiO_2)、酸化イットリウム(Y_2O_3)、フッ化ネオジム(Nd_2F_3)、酸化クロム(Cr_2O_3)、五酸化タンタル(Ta_2O_5)、五酸化ニオブ(Nb_2O_5)、二酸化チタン(TiO_2)、二酸化ジルコニウム(ZrO_2)、二酸化ハフニウム(HfO_2)及び酸化ランタン(La_2O_3)の中の少なくとも 1 つにより形成される膜により構成されることを特徴とする請求項 19 または請求項 20 記載の露光装置。

【請求項 24】

前記密着力強化膜は、タンタル(Ta)及びクロム(Cr)の少なくとも 1 つにより形成される膜により構成されることを特徴とする請求項 18 または請求項 20 のいずれか一項に記載の露光装置。

【書類名】明細書

【発明の名称】光学素子及び露光装置

【技術分野】

【0001】

本発明は、例えば、半導体素子、撮像素子（CCD等）、液晶表示素子、又は薄膜磁気ヘッド等のデバイスを製造するためのリソグラフィ工程でマスクパターンを感光性の基板上に転写するために用いられる液浸法を用いた投影露光装置に使用される光学素子、及び該光学素子を用いた露光装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

半導体素子等を製造する際に、マスクとしてのレチクルのパターンの像を投影光学系を介して、感光性の基板としてのレジストが塗布されたウエハ（又はガラスプレート等）上の各ショット領域に転写する投影露光装置が使用されている。従来は投影露光装置として、ステップ・アンド・リピート方式の縮小投影型の露光装置（ステッパ）が多用されていたが、最近ではレチクルとウエハとを同期走査して露光を行うステップ・アンド・スキャン方式の投影露光装置も注目されている。

【0003】

投影露光装置に備えられている投影光学系の解像度は、使用する露光波長が短くなるほど、また投影光学系の開口数が多いほど高くなる。そのため、集積回路の微細化に伴い投影露光装置で使用する露光波長は年々短波長化しており、投影光学系の開口数も増大してきている。そして、現在主流の露光波長は、KrFエキシマレーザの248nmであるが、更に短波長のArFエキシマレーザの193nmも実用化されている。

【0004】

ところで露光光の短波長化に伴い所望の結像性能を確保しつつ露光に十分な光量を確保できる透過率を有する硝材は限定されていることから、投影光学系の下面とウエハ表面との間を水、又は有機溶媒等の液体で満たし、液体中での露光光の波長が、空気中の $1/n$ 倍（ n は液体の屈折率で通常1.2～1.6程度）になることを利用して解像度を向上する液浸型の投影露光装置が提案されている（例えば、特許文献1参照）。

【0005】

【特許文献1】特開平10-303114号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

この液浸型の投影露光装置を、ステップ・アンド・リピート方式の投影露光装置として構成する場合には、投影光学系と液体とが接するために、液体と接した投影光学系の先端部が液体によって浸食される可能性があり、所望の光学性能が得られないという問題があった。

【0007】

また、液浸型の投影露光装置を、ステップ・アンド・スキャン方式の投影露光装置として構成する場合には、ウエハを移動させながら露光を行うため、ウエハを移動させている間も投影光学系とウエハとの間には液体が満たされている必要があり、投影光学系と液体とが接するために、液体と接した投影光学系の先端部が液体によって浸食され、所望の光学性能が得られないという問題があった。

【0008】

この発明の課題は、液浸法を適用した場合に、投影光学系の先端部が液体によって浸食されない光学素子及び該光学素子を備えた露光装置を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0009】

請求項1記載の光学素子は、露光ビームでマスクを照明し、投影光学系を介して前記マスクのパターンを基板上に転写し、前記基板の表面と前記投影光学系との間に所定の液体

を介在させた露光装置に使用される光学素子であって、前記投影光学系の前記基板側の透過光学素子の表面に前記液体への溶解を防止するための金属製溶解防止膜が成膜されていることを特徴とする。

【0010】

この請求項1記載の光学素子によれば、投影光学系の基板側の透過光学素子の表面に基板の表面と投影光学系との間に介在させた所定の液体に不溶な金属製溶解防止膜が成膜されているため、液体の透過光学素子への浸透及び侵食を防止することができ、投影光学系の光学性能を維持することができる。従って、この透過光学素子を液浸型の露光装置に用いた場合、液体により透過光学素子が溶解することがないため、露光装置の性能を維持することができる。また、透過光学素子を頻繁に交換する必要がなくなるため、露光装置のスループットを高く維持することができる。

【0011】

また、請求項2記載の光学素子は、露光ビームでマスクを照明し、投影光学系を介して前記マスクのパターンを基板上に転写し、前記基板の表面と前記投影光学系との間に所定の液体を介在させた露光装置に使用される光学素子であって、前記投影光学系の前記基板側の透過光学素子の表面に成膜された密着力強化膜と、前記密着力強化膜の表面に成膜された金属製溶解防止膜とを備えることを特徴とする。

【0012】

この請求項2記載の光学素子によれば、投影光学系の基板側の透過光学素子の表面に成膜されている密着力強化膜の表面に金属製溶解防止膜が成膜されているため、金属製溶解防止膜を透過光学素子に密着させることができる。従って、基板の表面と投影光学系との間に介在させた所定の液体の透過光学素子への浸透及び侵食を防止することができ、投影光学系の光学性能を維持することができる。また、この透過光学素子を液浸型の露光装置に用いた場合、金属製溶解防止膜が透過光学素子から剥離することなく、液体により透過光学素子が溶解することがないため、露光装置の性能を維持することができる。更に、透過光学素子を頻繁に交換する必要がなくなるため、露光装置のスループットを高く維持することができる。

【0013】

また、請求項3記載の光学素子は、露光ビームでマスクを照明し、投影光学系を介して前記マスクのパターンを基板上に転写し、前記基板の表面と前記投影光学系との間に所定の液体を介在させた露光装置に使用される光学素子であって、前記投影光学系の前記基板側の透過光学素子の表面に成膜された金属製溶解防止膜と、前記金属製溶解防止膜の表面に成膜された金属製溶解防止膜保護膜とを備えることを特徴とする。

【0014】

この請求項3記載の光学素子によれば、投影光学系の基板側の透過光学素子の表面に成膜されている金属製溶解防止膜の表面に金属製溶解防止膜保護膜が成膜されているため、柔らかく耐擦傷性が低い金属製溶解防止膜の損傷を防止することができ、金属製溶解防止膜を保護することができる。従って、基板の表面と投影光学系との間に介在させた所定の液体の透過光学素子への浸透及び侵食を防止することができ、投影光学系の光学性能を維持することができる。また、この透過光学素子を露光装置に用いた場合、液体により透過光学素子が溶解することがないため、露光装置の性能を維持することができる。更に、透過光学素子を頻繁に交換する必要がなくなるため、露光装置のスループットを高く維持することができる。

【0015】

また、請求項4記載の光学素子は、露光ビームでマスクを照明し、投影光学系を介して前記マスクのパターンを基板上に転写し、前記基板の表面と前記投影光学系との間に所定の液体を介在させた露光装置に使用される光学素子であって、前記投影光学系の前記基板側の透過光学素子の表面に成膜された密着力強化膜と、前記密着力強化膜の表面に成膜された金属製溶解防止膜と、前記金属製溶解防止膜の表面に成膜された金属製溶解防止膜保護膜とを備えることを特徴とする。

【0016】

この請求項4記載の光学素子によれば、投影光学系の基板側の透過光学素子の表面に成膜されている密着力強化膜の表面に金属製溶解防止膜が成膜されているため、金属製溶解防止膜を透過光学素子に密着させることができる。また、金属製溶解防止膜の表面に金属製溶解防止膜保護膜が成膜されているため、柔らかく耐擦傷性が低い金属製溶解防止膜の損傷を防止することができ、金属製溶解防止膜を保護することができる。従って、基板の表面と投影光学系との間に介在させた所定の液体の透過光学素子への浸透及び侵食を防止することができ、投影光学系の光学性能を維持することができる。また、この透過光学素子を液浸型の露光装置に用いた場合、液体により透過光学素子が溶解することがないため、露光装置の性能を維持することができる。更に、透過光学素子を頻繁に交換する必要がなくなるため、露光装置のスループットを高く維持することができる。

【0017】

また、請求項5記載の光学素子は、前記金属製溶解防止膜が前記投影光学系の前記基板側の透過光学素子のテーパ面に成膜されることを特徴とする。

【0018】

また、請求項6記載の光学素子は、前記金属製溶解防止膜が金(Au)、白金(Pt)及び銀(Ag)の中の少なくとも1つにより形成される膜により構成されることを特徴とする。

【0019】

この請求項5及び請求項6記載の光学素子によれば、金(Au)、白金(Pt)及び銀(Ag)の中の少なくとも1つにより形成される膜により構成される金属製溶解防止膜が投影光学系の基板側の透過光学素子のテーパ面、即ち露光ビームが通過しない部分に成膜される。従って、この透過光学素子を液浸型の露光装置に用いた場合においても、金属製溶解防止膜がマスクを照明する露光ビームを遮光することなく、最適な状態で露光を続けることができる。

【0020】

また、請求項7記載の光学素子は、前記金属製溶解防止膜保護膜が二酸化珪素(SiO_2)、酸化イットリウム(Y_2O_3)、フッ化ネオジム(Nd_2F_3)、酸化クロム(Cr_2O_3)、五酸化タンタル(Ta_2O_5)、五酸化ニオブ(Nb_2O_5)、二酸化チタン(TiO_2)、二酸化ジルコニウム(ZrO_2)、二酸化ハフニウム(HfO_2)及び酸化ランタン(La_2O_3)の中の少なくとも1つにより形成される膜により構成されることを特徴とする。

【0021】

この請求項7記載の光学素子によれば、透過光学素子に成膜された金属製溶解防止膜の表面に成膜する金属製溶解防止膜保護膜を選択することができるため、透過光学素子の基材、透過光学素子が設置される環境、基板の表面と投影光学系との間に介在させる所定の液体の種類等に基づいて、最適な金属製溶解防止膜保護膜を選択することができる。

【0022】

また、請求項8記載の光学素子は、露光ビームでマスクを照明し、投影光学系を介して前記マスクのパターンを基板上に転写し、前記基板の表面と前記投影光学系との間に所定の液体を介在させた露光装置に使用される光学素子であって、前記投影光学系の前記基板側の透過光学素子の表面に水への溶解度が2 p p t 以下である溶解防止膜が成膜されていることを特徴とする。

【0023】

この請求項8記載の光学素子によれば、投影光学系の基板側の透過光学素子の表面に水への溶解度が2 p p t 以下である溶解防止膜が成膜されているため、透過光学素子が基板の表面と投影光学系との間に介在させる所定の液体に溶解することなく、投影光学系の光学性能を維持することができる。従って、この透過光学素子を液浸型の露光装置に用いた場合、液体により透過光学素子が溶解することがないため、露光装置の性能を維持することができる。また、透過光学素子を頻繁に交換する必要がなくなるため、露光装置のスループットを高く維持することができる。

【0024】

また、請求項 9 記載の光学素子は、露光ビームでマスクを照明し、投影光学系を介して前記マスクのパターンを基板上に転写し、前記基板の表面と前記投影光学系との間に所定の液体を介在させた露光装置に使用される光学素子であって、前記投影光学系の前記基板側の透過光学素子の表面に充填密度が 95% 以上である溶解防止膜が成膜されていることを特徴とする。

【0025】

この請求項 9 記載の光学素子によれば、投影光学系の基板側の透過光学素子の表面に充填密度が 95% 以上である溶解防止膜が成膜されているため、基板の表面と投影光学系の間に介在させる所定の液体の透過光学素子への浸透及び侵食を防止することができ、投影光学系の光学性能を維持することができる。従って、この透過光学素子を液浸型の露光装置に用いた場合、透過光学素子が液体に溶解することがないため、露光装置の性能を維持することができる。また、透過光学素子を頻繁に交換する必要がなくなるため、露光装置のスループットを高く維持することができる。

【0026】

また、請求項 10 記載の光学素子は、前記溶解防止膜が前記投影光学系の前記基板側の透過光学素子のテーパ面に成膜されることを特徴とする。

【0027】

また、請求項 11 記載の光学素子は、前記溶解防止膜が金属膜により構成されることを特徴とする。

【0028】

また、請求項 12 記載の光学素子は、前記金属膜が金(Au)、白金(Pt)及び銀(Ag)の中の少なくとも 1 つにより形成される膜により構成されることを特徴とする。

【0029】

この請求項 10～請求項 12 記載の光学素子によれば、金(Au)、白金(Pt)及び銀(Ag)の中の少なくとも 1 つにより形成される金属膜により構成される溶解防止膜が投影光学系の基板側の透過光学素子のテーパ面、即ち露光ビームが通過しない部分に成膜される。従って、この透過光学素子を液浸型の露光装置に用いた場合においても、金属膜により構成される溶解防止膜がマスクを照明する露光ビームを遮光することなく、最適な状態で露光を続けることができる。

【0030】

また、請求項 13 記載の光学素子は、前記溶解防止膜の表面に前記溶解防止膜を保護するための溶解防止膜保護膜が成膜されることを特徴とする。

【0031】

この請求項 13 記載の光学素子によれば、溶解防止膜の表面に溶解防止膜保護膜が成膜されているため、柔らかく耐擦傷性が低い金属等により形成される溶解防止膜を用いた場合においても溶解防止膜の損傷を防止することができ、溶解防止膜を保護することができる。従って、この透過光学素子を液浸型の露光装置に用いた場合、液体により透過光学素子が溶解することがないため、露光装置の性能を維持することができる。また、透過光学素子を頻繁に交換する必要がなくなるため、露光装置のスループットを高く維持することができる。

【0032】

また、請求項 14 記載の光学素子は、前記溶解防止膜保護膜が二酸化珪素(SiO_2)、酸化イットリウム(Y_2O_3)、フッ化ネオジム(Nd_2F_3)、酸化クロム(Cr_2O_3)、五酸化タンタル(Ta_2O_5)、五酸化ニオブ(Nb_2O_5)、二酸化チタン(TiO_2)、二酸化ジルコニウム(ZrO_2)、二酸化ハフニウム(HfO_2)及び酸化ランタン(La_2O_3)の中の少なくとも 1 つにより形成される膜により構成されることを特徴とする。

【0033】

この請求項 14 記載の光学素子によれば、透過光学素子に成膜された溶解防止膜の表面に成膜する溶解防止膜保護膜を選択することができるため、透過光学素子の基材、透過光学素子が設置される環境、基板の表面と投影光学系との間に介在させる所定の液体の種類

等に基づいて、最適な溶解防止膜保護膜を選択することができる。

【0034】

また、請求項15記載の光学素子は、前記投影光学系の前記基板側の透過光学素子の表面と前記溶解防止膜との間に、前記透過光学素子の表面と前記溶解防止膜の密着力を向上させるための密着力強化膜が成膜されることを特徴とする。

【0035】

また、請求項16記載の光学素子は、前記密着力強化膜がタンタル(Ta)及びクロム(Cr)の少なくとも1つにより形成される膜により構成されることを特徴とする。

【0036】

この請求項15及び請求項16記載の光学素子によれば、透過光学素子と溶解防止膜との間にタンタル(Ta)及びクロム(Cr)の少なくとも1つにより形成される膜により構成される密着力強化膜が成膜されているため、透過光学素子の表面と溶解防止膜との密着力を向上させることができる。従って、この透過光学素子を液浸型の露光装置に用いた場合、透過光学素子から溶解防止膜が剥離することなく、液体により透過光学素子が溶解することがないため、露光装置の性能を維持することができる。また、透過光学素子を頻繁に交換する必要がなくなるため、露光装置のスループットを高く維持することができる。

【0037】

また、請求項17記載の露光装置は、露光ビームでマスクを照明し、投影光学系を介して前記マスクのパターンを基板上に転写し、前記基板の表面と前記投影光学系との間に所定の液体を介在させた露光装置であって、前記投影光学系の前記基板側の透過光学素子の表面に前記液体への溶解を防止するための金属製溶解防止膜を備えることを特徴とする。

【0038】

この請求項17記載の露光装置によれば、投影光学系の基板側の透過光学素子の表面に基板の表面と投影光学系との間に介在させた所定の液体に不溶な金属製溶解防止膜が成膜されているため、液体の透過光学素子への浸透及び侵食を防止することができ、投影光学系の光学性能を維持することができる。従って、液体により透過光学素子が溶解することがないため、露光装置の性能を維持することができる。また、透過光学素子を頻繁に交換する必要がなくなるため、露光装置のスループットを高く維持することができる。

【0039】

また、請求項18記載の露光装置は、露光ビームでマスクを照明し、投影光学系を介して前記マスクのパターンを基板上に転写し、前記基板の表面と前記投影光学系との間に所定の液体を介在させた露光装置であって、前記投影光学系の前記基板側の透過光学素子の表面に成膜された密着力強化膜と、前記密着力強化膜の表面に成膜された金属製溶解防止膜とを備えることを特徴とする。

【0040】

この請求項18記載の露光装置によれば、投影光学系の基板側の透過光学素子の表面に成膜されている密着力強化膜の表面に金属製溶解防止膜が成膜されているため、金属製溶解防止膜を透過光学素子に密着させることができる。従って、基板の表面と投影光学系との間に介在させた所定の液体の透過光学素子への浸透及び侵食を防止することができ、投影光学系の光学性能を維持することができる。また、金属製溶解防止膜が透過光学素子から剥離することなく、液体により透過光学素子が溶解することがないため、露光装置の性能を維持することができる。更に、透過光学素子を頻繁に交換する必要がなくなるため、露光装置のスループットを高く維持することができる。

【0041】

また、請求項19記載の露光装置は、露光ビームでマスクを照明し、投影光学系を介して前記マスクのパターンを基板上に転写し、前記基板の表面と前記投影光学系との間に所定の液体を介在させた露光装置であって、前記投影光学系の前記基板側の透過光学素子の表面に成膜された金属製溶解防止膜と、前記金属製溶解防止膜の表面に成膜された金属製溶解防止膜保護膜とを備えることを特徴とする。

【0042】

この請求項 19 記載の露光装置によれば、投影光学系の基板側の透過光学素子の表面に成膜されている金属製溶解防止膜の表面に金属製溶解防止膜保護膜が成膜されているため、柔らかく耐擦傷性が低い金属製溶解防止膜の損傷を防止することができ、金属製溶解防止膜を保護することができる。従って、基板の表面と投影光学系との間に介在させた所定の液体の透過光学素子への浸透及び侵食を防止することができ、投影光学系の光学性能を維持することができる。また、液体により透過光学素子が溶解することがないため、露光装置の性能を維持することができる。更に、透過光学素子を頻繁に交換する必要がなくなるため、露光装置のスループットを高く維持することができる。

【0043】

また、請求項 20 記載の露光装置は、露光ビームでマスクを照明し、投影光学系を介して前記マスクのパターンを基板上に転写し、前記基板の表面と前記投影光学系との間に所定の液体を介在させた露光装置であって、前記投影光学系の前記基板側の透過光学素子の表面に成膜された密着力強化膜と、前記密着力強化膜の表面に成膜された金属製溶解防止膜と、前記金属製溶解防止膜の表面に成膜された金属製溶解防止膜保護膜とを備えることを特徴とする。

【0044】

この請求項 20 記載の光学素子によれば、投影光学系の基板側の透過光学素子の表面に成膜されている密着力強化膜の表面に金属製溶解防止膜が成膜されているため、金属製溶解防止膜を透過光学素子に密着させることができる。また、金属製溶解防止膜の表面に金属製溶解防止膜保護膜が成膜されているため、柔らかく耐擦傷性が低い金属製溶解防止膜の損傷を防止することができ、金属製溶解防止膜を保護することができる。従って、基板の表面と投影光学系との間に介在させた所定の液体の透過光学素子への浸透及び侵食を防止することができ、投影光学系の光学性能を維持することができる。また、液体により透過光学素子が溶解することがないため、露光装置の性能を維持することができる。更に、透過光学素子を頻繁に交換する必要がなくなるため、露光装置のスループットを高く維持することができる。

【0045】

また、請求項 21 記載の露光装置は、前記金属製溶解防止膜が前記投影光学系の前記基板側の透過光学素子のテーパ面に成膜されることを特徴とする。

【0046】

また、請求項 22 記載の露光装置は、前記金属製溶解防止膜が金(Au)、白金(Pt)及び銀(Ag)の中の少なくとも 1 つにより形成される膜により構成されることを特徴とする。

【0047】

この請求項 21 及び請求項 22 記載の露光装置によれば、金(Au)、白金(Pt)及び銀(Ag)の中の少なくとも 1 つにより形成される膜により構成される金属製溶解防止膜が投影光学系の基板側の透過光学素子のテーパ面、即ち露光ビームが通過しない部分に成膜される。従って、金属製溶解防止膜がマスクを照明する露光ビームを遮光することなく、最適な状態で露光を続けることができる。

【0048】

また、請求項 23 記載の露光装置は、前記金属製溶解防止膜保護膜が二酸化珪素(SiO_2)、酸化イットリウム(Y_2O_3)、フッ化ネオジム(Nd_2F_3)、酸化クロム(Cr_2O_3)、五酸化タンタル(Ta_2O_5)、五酸化ニオブ(Nb_2O_5)、二酸化チタン(TiO_2)、二酸化ジルコニウム(ZrO_2)、二酸化ハフニウム(HfO_2)及び酸化ランタン(La_2O_3)の中の少なくとも 1 つにより形成される膜により構成されることを特徴とする。

【0049】

この請求項 23 記載の露光装置によれば、透過光学素子に成膜された金属製溶解防止膜の表面に成膜する金属製溶解防止膜保護膜を選択することができるため、透過光学素子の基材、透過光学素子が設置される環境、基板の表面と投影光学系との間に介在させる所定の液体の種類等に基づいて、最適な金属製溶解防止膜保護膜を選択することができる。

【0050】

また、請求項 24 記載の露光装置は、前記密着力強化膜がタンタル(Ta)及びクロム(Cr)の少なくとも 1 つにより形成される膜により構成されることを特徴とする。

【0051】

この請求項 24 記載の露光装置によれば、透過光学素子と溶解防止膜との間にタンタル(Ta)及びクロム(Cr)の少なくとも 1 つにより形成される膜により構成される密着力強化膜が成膜されているため、透過光学素子の表面と溶解防止膜との密着力を向上させることができる。従って、透過光学素子から溶解防止膜が剥離することなく、液体により透過光学素子が溶解することがないため、露光装置の性能を維持することができる。また、透過光学素子を頻繁に交換する必要がなくなるため、露光装置のスループットを高く維持することができる。

【発明の効果】

【0052】

この発明の光学素子によれば、投影光学系の基板側の透過光学素子の表面に成膜されている密着力強化膜の表面に金属製溶解防止膜または溶解防止膜が成膜されているため、金属製溶解防止膜または溶解防止膜を透過光学素子に密着させることができる。また、金属製溶解防止膜（溶解防止膜）の表面に金属製溶解防止膜保護膜（溶解防止膜保護膜）が成膜されているため、柔らかく耐擦傷性が低い金属製溶解防止膜の損傷を防止することができる。従って、基板の表面と投影光学系との間に介在させた所定の液体の透過光学素子への浸透及び侵食を防止することができ、投影光学系の光学性能を維持することができる。また、この透過光学素子を液浸型の露光装置に用いた場合、液体により透過光学素子が溶解することがないため、露光装置の性能を維持することができる。また、透過光学素子を頻繁に交換する必要がなくなるため、露光装置のスループットを高く維持することができる。

【0053】

この発明の露光装置によれば、投影光学系の基板側の透過光学素子に溶解防止膜が成膜されているため、投影光学系の先端部と基板との間に満たされた液体により透過光学素子が溶解することがなく、投影光学系の光学性能を維持することができ、最適な状態で露光を続けることができる。また、光学素子を頻繁に交換する必要がなくなるため、露光装置のスループットを高く維持することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0054】

以下、図面を参照して、この発明の第 1 の実施の形態にかかる投影露光装置の説明を行う。図 1 は、第 1 の実施の形態にかかるステップ・アンド・リピート方式の投影露光装置の概略構成を示す図である。また、以下の説明においては、図 1 中に示す X Y Z 直交座標系を設定し、この X Y Z 直交座標系を参照しつつ各部材の位置関係について説明する。X Y Z 直交座標系は、X 軸及び Y 軸がウエハ W に対して平行となるよう設定され、Z 軸がウエハ W に対して直交する方向に設定されている。図中の X Y Z 座標系は、実際には X Y 平面が水平面に平行な面に設定され、Z 軸が鉛直上方向に設定される。

【0055】

この実施の形態にかかる投影露光装置は、図 1 に示すように、露光光源である Ar F エキシマレーザ光源を含み、オプティカル・インテグレータ（ホモジナイザー）、視野絞り、コンデンサレンズ等から構成される照明光学系 1 を備えている。光源から射出された波長 193 nm の紫外パルス光よりなる露光光（露光ビーム）I L は、照明光学系 1 を通過し、レチクル（マスク）R に設けられたパターンを照明する。レチクル R を通過した光は、両側（又はウエハ W 側に片側）テレセントリックな投影光学系 P L を介して、フォトリジストが塗布されたウエハ（基板）W 上の露光領域に所定の投影倍率 β （例えば、 β は 1/4, 1/5 等）で縮小投影露光する。

【0056】

なお、露光光 I L としては、Kr F エキシマレーザ光（波長 248 nm）、F₂ レーザ光（波長 157 nm）や水銀ランプの i 線（波長 365 nm）等を使用してもよい。

【0057】

また、レチクルRはレチクルステージRST上に保持され、レチクルステージRSTにはX方向、Y方向及び回転方向にレチクルRを微動させる機構が組み込まれている。レチクルステージRSTのX方向、Y方向及び回転方向の位置は、レチクルレーザ干渉計（図示せず）によってリアルタイムに計測、且つ制御されている。

【0058】

また、ウエハWはウエハホルダ（図示せず）を介してZステージ9上に固定されている。Zステージ9は、投影光学系PLの像面と実質的に平行なXY平面に沿って移動するXYステージ10上に固定されており、ウエハWのフォーカス位置（Z方向の位置）及び傾斜角を制御する。Zステージ9のX方向、Y方向及び回転方向の位置は、Zステージ9上に位置する移動鏡12を用いたウエハレーザ干渉計13によってリアルタイムに計測、且つ制御されている。また、XYステージ10は、ベース11上に載置されており、ウエハWのX方向、Y方向及び回転方向を制御する。

【0059】

この投影露光装置に備えられている主制御系14は、レチクルレーザ干渉計により計測された計測値に基づいてレチクルRのX方向、Y方向及び回転方向の位置の調整を行なう。即ち、主制御系14は、レチクルステージRSTに組み込まれている機構に制御信号を送信し、レチクルステージRSTを微動させることによりレチクルRの位置調整を行なう。

【0060】

また、主制御系14は、オートフォーカス方式及びオートレベリング方式によりウエハW上の表面を投影光学系PLの像面に合わせ込むため、ウエハWのフォーカス位置（Z方向の位置）及び傾斜角の調整を行なう。即ち、主制御系14は、ウエハステージ駆動系15に制御信号を送信し、ウエハステージ駆動系15によりZステージ9を駆動させることによりウエハWのフォーカス位置及び傾斜角の調整を行なう。更に、主制御系14は、ウエハレーザ干渉計13により計測された計測値に基づいてウエハWのX方向、Y方向及び回転方向の位置の調整を行なう。即ち、主制御系14は、ウエハステージ駆動系15に制御信号を送信し、ウエハステージ駆動系15によりXYステージ10を駆動させることによりウエハWのX方向、Y方向及び回転方向の位置調整を行なう。

【0061】

露光時には、主制御系14は、ウエハステージ駆動系15に制御信号を送信し、ウエハステージ駆動系15によりXYステージ10を駆動させることによりウエハW上の各ショット領域を順次露光位置にステップ移動させる。即ち、ステップ・アンド・リピート方式によりレチクルRのパターン像をウエハW上に露光する動作を繰り返す。

【0062】

この投影露光装置においては、露光波長を実質的に短くし、且つ解像度を向上させるために液浸法が適用されている。ここで、液浸法を適用した液浸型の投影露光装置においては、少なくともレチクルRのパターン像をウエハW上に転写している間は、ウエハWの表面と投影光学系PLのウエハW側の透過光学素子4との間に所定の液体7が満たされている。投影光学系PLは、投影光学系PLを構成する石英または蛍石により形成された複数の光学素子を収納する鏡筒3を備えている。この投影光学系PLにおいては、最もウエハW側の透過光学素子4が蛍石により形成されており、透過光学素子4の表面（ウエハW側の先端部4A及びテーパー面4B（図2参照））のみが液体7と接触するように構成されている。これによって、金属からなる鏡筒3の腐食等が防止されている。

【0063】

ここで、透過光学素子4の基材は蛍石であり、その蛍石の成膜面の結晶方位は（111）面である。また、透過光学素子4のウエハW側の先端部4A、即ち露光光が透過する部分には、単層膜により構成されるフッ化マグネシウム（ MgF_2 ）膜が真空蒸着法により成膜されている。

【0064】

また、透過光学素子 4 のテーパー面 4 B、即ち露光光が透過しない部分は、密着力強化膜としてタンタル (Ta) の膜がスパッタリング法により成膜されている。密着力強化膜は、透過光学素子 4 のテーパー面 4 B と後述する金属製溶解防止膜 (溶解防止膜) の密着力を向上させる。また、密着力強化膜の表面には、液体 7 への溶解を防止するための金属製溶解防止膜 (溶解防止膜) として金 (Au) により構成される金属膜がスパッタリング法により成膜されている。また、金属製溶解防止膜 (溶解防止膜) の表面には、金属製溶解防止膜 (溶解防止膜) を保護するための金属製溶解防止膜保護膜 (溶解防止膜保護膜) として二酸化珪素 (SiO_2) 膜がスパッタリング法により成膜されている。ここで、透過光学素子 4 のテーパー面 4 B に成膜される金属製溶解防止膜 (溶解防止膜) の純水への溶解度は 2 ppt 以下であり、充填密度は 95% 以上である。

【0065】

また、液体 7 としては、半導体製造工場等で容易に大量に入手できる純水が使用されている。なお、純水は不純物の含有量が極めて低いため、ウエハ W の表面を洗浄する作用が期待できる。

【0066】

図 2 は、投影光学系 PL の透過光学素子 4 のウエハ W 側の先端部 4 A 及びテーパー面 4 B 並びにウエハ W と、そのウエハ W 側の先端部 4 A 及びテーパー面 4 B を X 方向に挟む 2 対の排出ノズル及び流入ノズルとの位置関係を示す図である。また、図 3 は、投影光学系 PL の透過光学素子 4 のウエハ W 側の先端部 4 A 及びテーパー面 4 B と、そのウエハ W 側の先端部 4 A 及びテーパー面 4 B を Y 方向に挟む 2 対の排出ノズル及び流入ノズルとの位置関係を示す図である。この実施の形態にかかる投影露光装置は、液体 7 の供給を制御する液体供給装置 5 及び液体 7 の排出を制御する液体回収装置 6 を備えている。

【0067】

液体供給装置 5 は、液体 7 のタンク (図示せず)、加圧ポンプ (図示せず)、温度制御装置 (図示せず) 等により構成されている。また、液体供給装置 5 には、図 2 に示すように、供給管 21 を介してウエハ W 側の先端部 4 A 及びテーパー面 4 B の +X 方向側に細い先端部を有する排出ノズル 21a が、供給管 22 を介してウエハ W 側の先端部 4 A 及びテーパー面 4 B の -X 方向側に細い先端部を有する排出ノズル 22a が接続されている。また、液体供給装置 5 には、図 3 に示すように、供給管 27 を介してウエハ W 側の先端部 4 A 及びテーパー面 4 B の +Y 方向側に細い先端部を有する排出ノズル 27a が、供給管 28 を介してウエハ W 側の先端部 4 A 及びテーパー面 4 B の -Y 方向側に細い先端部を有する排出ノズル 28a が接続されている。液体供給装置 5 は、温度制御装置により液体 7 の温度を調整し、排出ノズル 21a、22a、27a、28a の中の少なくとも 1 つの排出ノズルより、供給管 21、22、27、28 の中の少なくとも 1 つの供給管を介して温度調整された液体 7 をウエハ W 上に供給する。なお、液体 7 の温度は、温度制御装置により、例えばこの実施の形態にかかる投影露光装置が収納されているチャンバ内の温度と同程度に設定される。

【0068】

液体回収装置 6 は、液体 7 のタンク (図示せず)、吸引ポンプ (図示せず) 等により構成されている。また、液体回収装置 6 には、図 2 に示すように、回収管 23 を介してテーパー面 4 B の -X 方向側に広い先端部を有する流入ノズル 23a、23b が、回収管 24 を介してテーパー面 4 B の +X 方向側に広い先端部を有する流入ノズル 24a、24b が接続されている。なお、流入ノズル 23a、23b、24a、24b は、ウエハ W 側の先端部 4 A の中心を通り X 軸に平行な軸に対して扇状に開いた形で配置されている。また、液体回収装置 6 には、図 3 に示すように、回収管 29 を介してテーパー面 4 B の -Y 方向側に広い先端部を有する流入ノズル 29a、29b が、回収管 30 を介してテーパー面 4 B の +Y 方向側に広い先端部を有する流入ノズル 30a、30b が接続されている。なお、流入ノズル 29a、29b、30a、30b は、ウエハ W 側の先端部 4 A の中心を通り Y 軸に平行な軸に対して扇状に開いた形で配置されている。

【0069】

液体回収装置 6 は、流入ノズル 23 a 及び 23 b、24 a 及び 24 b、29 a 及び 29 b、30 a 及び 30 b の中の少なくとも 1 つの流入ノズルより、回収管 23、24、29、30 の中の少なくとも 1 つの回収管を介して液体 7 をウエハ W 上から回収する。

【0070】

次に、液体 7 の供給及び回収方法について説明する。図 2 において、実線で示す矢印 25 A の方向（-X 方向）にウエハ W をステップ移動させる際には、液体供給装置 5 は、供給管 21 及び排出ノズル 21 a を介して透過光学素子 4 のウエハ W 側の先端部 4 A 及びテーパ面 4 B とウエハ W との間に液体 7 を供給する。液体回収装置 6 は、回収管 23 及び流入ノズル 23 a、23 b を介してウエハ W 上から液体供給装置 5 によりウエハ W 側の先端部 4 A 及びテーパ面 4 B とウエハ W との間に供給された液体 7 を回収する。この場合においては、液体 7 はウエハ W 上を矢印 25 B の方向（-X 方向）に流れており、ウエハ W と透過光学素子 4 との間は液体 7 により安定に満たされている。

【0071】

一方、図 2 において、鎖線で示す矢印 26 A の方向（+X 方向）にウエハ W をステップ移動させる際には、液体供給装置 5 は、供給管 22 及び排出ノズル 22 a を介して透過光学素子 4 のウエハ W 側の先端部 4 A 及びテーパ面 4 B とウエハ W との間に液体 7 を供給する。液体回収装置 6 は、回収管 24 及び流入ノズル 24 a、24 b を介して、液体供給装置 5 によりウエハ W 側の先端部 4 A 及びテーパ面 4 B とウエハ W との間に供給された液体 7 を回収する。この場合においては、液体 7 はウエハ W 上を矢印 26 B の方向（+X 方向）に流れており、ウエハ W と透過光学素子 4 との間は液体 7 により安定に満たされている。

【0072】

また、ウエハ W を Y 方向にステップ移動させる際には、Y 方向から液体 7 の供給及び回収を行なう。即ち、図 3 において、実線で示す矢印 31 A の方向（-Y 方向）にウエハ W をステップ移動させる際には、液体供給装置 5 は、供給管 27 及び排出ノズル 27 a を介して、液体 7 を供給する。液体回収装置 6 は、回収管 29 及び流入ノズル 29 a、29 b を介して、液体供給装置 5 によりウエハ W 側の先端部 4 A 及びテーパ面 4 B とウエハ W との間に供給された液体 7 を回収する。この場合においては、露光領域上を矢印 31 B の方向（-Y 方向）に流れており、ウエハ W と透過光学素子 4 との間は液体 7 により安定に満たされている。

【0073】

また、ウエハ W を +Y 方向にステップ移動させる際には、液体供給装置 5 は、供給管 28 及び排出ノズル 28 a を介して、液体 7 を供給する。液体回収装置 6 は、回収管 30 及び流入ノズル 30 a、30 b を介して、液体供給装置 5 によりウエハ W 側の先端部 4 A とウエハ W との間に供給された液体 7 を回収する。この場合においては、液体 7 は、露光領域上を +Y 方向に流れており、ウエハ W と透過光学素子 4 との間は液体 7 により安定に満たされている。

【0074】

なお、X 方向または Y 方向から液体 7 の供給及び回収を行うノズルだけでなく、例えば斜めの方向から液体 7 の供給及び回収を行うためのノズルを設けてもよい。

【0075】

次に、液体 7 の供給量及び回収量の制御方法について説明する。図 4 は、投影光学系 P L を構成する透過光学素子 4 とウエハ W の間に液体 7 を供給及び回収している状態を示す図である。図 4 に示すように、ウエハ W が矢印 25 A の方向（-X 方向）に移動している場合において、排出ノズル 21 a より供給された液体 7 は、矢印 25 B の方向（-X 方向）に流れ、流入ノズル 23 a、23 b により回収される。ウエハ W が移動中であっても透過光学素子 4 とウエハ W との間に充填される液体 7 の量を一定に保つため、液体 7 の供給量と回収量とを等しくする。また、XY ステージ 10（ウエハ W）の移動速度に基づいて液体 7 の供給量及び回収量を調整することにより、液体 7 は透過光学素子 4 とウエハ W との間に常時満たされる。

【0076】

この第1の実施の形態にかかる投影露光装置によれば、投影光学系PLのウエハW側の透過光学素子4のテーパ面4Bに成膜されている密着力強化膜の表面に金属膜が成膜されているため、金属膜を透過光学素子4に密着させることができる。また、金属膜の表面に二酸化珪素(SiO_2)膜が成膜されているため、柔らかく耐擦傷性が低い金属膜の損傷を防止することができ、金属膜を保護することができる。従って、ウエハWの表面と投影光学系PLとの間に介在させた液体7の透過光学素子4への浸透及び侵食を防止することができ、投影光学系PLの光学性能を維持することができる。また、液体7により透過光学素子4が溶解することがないため、投影露光装置の性能を維持することができる。更に、透過光学素子4を頻繁に交換する必要がなくなるため、投影露光装置のスループットを高く維持することができる。

【0077】

また、透過光学素子4のテーパ面4B、即ち露光光ILが通過しない部分に金属膜が成膜されるため、透過光学素子4の表面に成膜される金属膜が露光光ILを遮光することなく、最適な状態で露光を続けることができる。

【0078】

また、この第1の実施の形態にかかる投影露光装置によれば、透過光学素子4のウエハ側の先端部4Aに単層膜であるフッ化マグネシウム(MgF_2)膜が成膜されているため、透過光学素子の溶解を防止することができる。また、多層膜と比較した場合において界面を少なくすることができるため、フッ化マグネシウム(MgF_2)膜の保護層の界面から液体が侵入した場合に起こり得る化学反応による悪影響を極力抑えることができる。また、多層膜により構成される膜を成膜する場合と比較して、簡易に成膜することができる。

【0079】

また、波長が200nm程度の露光光に対する純水の屈折率 n は約1.44であり、波長193nmであるArFエキシマレーザ光は、ウエハW上において $1/n$ 、即ち134nmに短波長化されるため、高い解像度を得ることができる。

【0080】

また、この第1の実施の形態にかかる投影露光装置によれば、X方向及びY方向に互いに反転した2対の排出ノズルと流入ノズルとを備えているため、ウエハを+X方向、-X方向、+Y方向または-Y方向に移動する場合においても、ウエハと光学素子との間を液体により安定に満たし続けることができる。

【0081】

また、液体がウエハ上を流れるため、ウエハ上に異物が付着している場合であっても、その異物を液体により流し去ることができる。また、液体が液体供給装置により所定の温度に調整されているため、ウエハ表面の温度も一定となり、露光の際に生じるウエハの熱膨張による重ね合わせ精度の低下を防止することができる。従って、EGA(エンハンスド・グローバル・アライメント)方式のアライメントのように、アライメントと露光とに時間差のある場合であっても、ウエハの熱膨張による重ね合わせ精度の低下を防ぐことができる。

【0082】

また、この第1の実施の形態にかかる投影露光装置によれば、ウエハを移動させる方向と同一の方向に液体が流れているため、異物や熱を吸収した液体を透過光学素子の表面の直下の露光領域上に滞留させることなく液体回収装置により回収することができる。

【0083】

なお、この第1の実施の形態にかかる投影露光装置においては、金属製溶解防止膜(溶解防止膜)として金(Au)により形成される膜により構成される金属膜を用いたが、金(Au)、白金(Pt)及び銀(Ag)の中の少なくとも1つにより形成される膜により構成される金属膜を用いてもよい。

【0084】

また、この第1の実施の形態にかかる投影露光装置においては、タンタル(Ta)により形

成される膜により構成される密着力強化膜を用いたが、タンタル(Ta)及びクロム(Cr)の少なくとも1つにより形成される膜により構成される密着力強化膜を用いてもよい。

【0085】

また、この第1の実施の形態にかかる投影露光装置においては、二酸化珪素(SiO_2)により形成される膜により構成される金属製溶解防止膜保護膜(溶解防止膜保護膜)を用いたが、二酸化珪素(SiO_2)、酸化イットリウム(Y_2O_3)、フッ化ネオジム(Nd_2F_3)、酸化クロム(Cr_2O_3)、五酸化タンタル(Ta_2O_5)、五酸化ニオブ(Nb_2O_5)、二酸化チタン(TiO_2)、二酸化ジルコニウム(ZrO_2)、二酸化ハフニウム(HfO_2)及び酸化ランタン(La_2O_3)の中の少なくとも1つにより形成される膜により構成される金属製溶解防止膜保護膜(溶解防止膜保護膜)を用いてもよい。即ち、金属製溶解防止膜保護膜(溶解防止膜保護膜)を選択することができるため、透過光学素子の基材、透過光学素子が設置されている環境、基材の表面と投影光学系との間に介在させる液体の種類等に基づいて、最適な金属製溶解防止膜保護膜(溶解防止膜保護膜)を選択することができる。

【0086】

また、この第1の実施の形態にかかる透過光学素子のテーパ面においては、密着力強化膜、金属製溶解防止膜(溶解防止膜)、金属製溶解防止膜保護膜(溶解防止膜保護膜)が成膜されているが、金属製溶解防止膜(溶解防止膜)のみを成膜してもよい。また、密着力強化膜と金属製溶解防止膜(溶解防止膜)とを成膜してもよく、金属製溶解防止膜(溶解防止膜)と金属製溶解防止膜保護膜(溶解防止膜保護膜)とを成膜してもよい。

【0087】

次に、図面を参照して、本発明の第2の実施の形態にかかる投影露光装置について説明する。図5は、第2の実施の形態にかかるステップ・アンド・スキャン方式の投影露光装置の投影光学系PLAの下部、液体供給装置5及び液体回収装置6等を示す正面図である。また、以下の説明においては、図5中に示すXYZ直交座標系を設定し、このXYZ直交座標系を参照しつつ各部材の位置関係について説明する。XYZ直交座標系は、X軸及びY軸がウエハWに対して平行となるよう設定され、Z軸がウエハWに対して直交する方向に設定されている。図中のXYZ座標系は、実際にはXY平面が水平面に平行な面に設定され、Z軸が鉛直上方向に設定される。なお、図5においては、第1の実施の形態にかかる投影露光装置と同一の構成には、第1の実施の形態で用いたのと同じの符号を付して説明を行なう。

【0088】

この投影露光装置においては、投影光学系PLAの鏡筒3Aの最下端の透過光学素子32は、ウエハW側の先端部32Aが走査露光に必要な部分だけを残してY方向(非走査方向)に細長い矩形に削られている。走査露光時には、ウエハW側の先端部32Aの直下の矩形の露光領域にレチクル(図示せず)の一部のパターン像が投影され、投影光学系PLAに対して、レチクル(図示せず)が-X方向(又は+X方向)に速度Vで移動するのに同期して、XYステージ10を介してウエハWが+X方向(又は-X方向)に速度 $\beta \cdot V$ (β は投影倍率)で移動する。そして、1つのショット領域への露光終了後に、ウエハWのステッピングによって次のショット領域が走査開始位置に移動し、以下ステップ・アンド・スキャン方式で各ショット領域への露光が順次行われる。

【0089】

また、透過光学素子32の基材は蛍石であり、その蛍石の成膜面の結晶方位は(111)面である。また、透過光学素子32のウエハW側の先端部32A、即ち露光光が透過する部分には、単層膜により構成されるフッ化マグネシウム(MgF_2)膜が真空蒸着法により成膜されている。

【0090】

また、透過光学素子32のテーパ面32B、即ち露光光が透過しない部分は、密着力強化膜としてタンタル(Ta)の膜がスパッタリング法により成膜されている。密着力強化膜は、透過光学素子32のテーパ面32Bと後述する金属製溶解防止膜(溶解防止膜)の密着力を向上させる。また、密着力強化膜の表面には、液体7への溶解を防止するための

金属製溶解防止膜（溶解防止膜）として金（Au）の膜がスパッタリング法により成膜されている。また、金属製溶解防止膜（溶解防止膜）の表面には、金属製溶解防止膜（溶解防止膜）を保護するための金属製溶解防止膜保護膜（溶解防止膜保護膜）として二酸化珪素（SiO₂）がスパッタリング法により成膜されている。ここで、透過光学素子 32 のテーパ面 32 B に成膜される金属製溶解防止膜（溶解防止膜）の純水への溶解度は 2 p p t 以下であり、充填密度は 95 % 以上である。

【0091】

この第 2 の実施の形態においても第 1 の実施の形態と同様に、液浸法が適用されるため、走査露光中に透過光学素子 32 とウエハ W の表面との間に液体 7 が満たされる。液体 7 としては、純水が使用されている。液体 7 の供給及び回収は、それぞれ液体供給装置 5 及び液体回収装置 6 によって行われる。

【0092】

図 6 は、投影光学系 P L A の透過光学素子 32 の表面（ウエハ W 側の先端部 32 A 及びテーパ面 32 B）と液体 7 を X 方向に供給及び回収するための排出ノズル及び流入ノズルとの位置関係を示す図である。液体供給装置 5 には、図 6 に示すように、供給管 21 を介して Y 方向に細長い矩形状である先端部 32 A 及びテーパ面 32 B の +X 方向側に 3 個の排出ノズル 21 a ~ 21 c が、先端部 32 A 及びテーパ面 32 B の -X 方向側に 3 個の排出ノズル 22 a ~ 22 c が接続されている。また、液体回収装置 6 には、図 6 に示すように、回収管 23 を介して先端部 32 A 及びテーパ面 32 B の -X 方向側に 2 個の流入ノズル 23 a、23 b が、回収管 24 を介して先端部 32 A 及びテーパ面 32 B の +X 方向側に 2 個の流入ノズル 24 a、24 b が接続されている。

【0093】

実線の矢印で示す走査方向（-X 方向）にウエハ W を移動させて走査露光を行う場合には、液体供給装置 5 は、供給管 21 及び排出ノズル 21 a ~ 21 c を介して透過光学素子 32 の先端部 32 A 及びテーパ面 32 B とウエハ W との間に液体 7 を供給する。液体回収装置 6 は、回収管 23 及び流入ノズル 23 a、23 b を介して、液体供給装置 5 により先端部 32 A 及びテーパ面 32 B とウエハ W との間に供給された液体 7 を回収する。この場合においては、液体 7 はウエハ W 上を -X 方向に流れており、透過光学素子 32 とウエハ W との間は液体 7 により満たされる。

【0094】

また、鎖線の矢印で示す方向（+X 方向）にウエハ W を移動させて走査露光を行う場合には、液体供給装置 5 は、供給管 22 及び排出ノズル 22 a ~ 22 c を介して透過光学素子 32 の先端部 32 A 及びテーパ面 32 B とウエハ W との間に液体 7 を供給する。液体回収装置 6 は、回収管 24 及び流入ノズル 24 a、24 b を介して、液体供給装置 5 により先端部 32 A 及びテーパ面 32 B とウエハ W との間に供給された液体 7 を回収する。この場合においては、液体 7 はウエハ W 上を +X 方向に流れており、透過光学素子 32 とウエハ W との間は液体 7 により満たされる。また、液体 7 の供給量及び回収量を調整することにより、走査露光中においても透過光学素子 32 とウエハ W との間に液体 7 は安定に満たされる。また、ウエハ W を Y 方向にステップ移動させる際には、第 1 の実施の形態と同一の方法により Y 方向から液体 7 の供給及び回収を行なう。

【0095】

図 7 は、投影光学系 P L A の透過光学素子 32 の先端部 32 A 及びテーパ面 32 B と Y 方向用の排出ノズル及び流入ノズルとの位置関係を示す図である。図 7 に示すように、ウエハ W を走査方向に直交する非走査方向（-Y 方向）にステップ移動させる場合には、Y 方向に配列された排出ノズル 27 a 及び流入ノズル 29 a、29 b を使用して液体 7 の供給及び回収を行なう。また、ウエハ W を +Y 方向にステップ移動させる場合には、Y 方向に配列された排出ノズル 28 a 及び流入ノズル 30 a、30 b を使用して液体 7 の供給及び回収を行なう。第 1 の実施の形態と同様に、Y 方向にステップ移動させる際にもウエハ W の移動速度に応じて液体 7 の供給量を調整することにより、透過光学素子 32 とウエハ W との間を液体 7 により満たし続けることができる。

【0096】

この第2の実施の形態にかかる走査型投影露光装置によれば、投影光学系PLAのウエハW側の透過光学素子32のテーパ面32Bに成膜されている密着力強化膜の表面に金属膜が成膜されているため、金属膜を透過光学素子32に密着させることができる。また、金属膜の表面に二酸化珪素(SiO₂)膜が成膜されているため、柔らかく耐擦傷性が低い金属膜の損傷を防止することができ、金属膜を保護することができる。従って、ウエハWの表面と投影光学系PLAとの間に介在させた液体7の透過光学素子32への浸透及び侵食を防止することができ、投影光学系PLAの光学性能を維持することができる。また、液体7により透過光学素子32が溶解することがないため、走査型投影露光装置の性能を維持することができる。また、透過光学素子32を頻繁に交換する必要がなくなるため、走査型投影露光装置のスループットを高く維持することができる。

【0097】

また、透過光学素子32のテーパ面32B、即ち露光光が通過しない部分に金属膜が成膜されるため、透過光学素子32の表面に成膜される金属膜が露光光を遮光することなく、最適な状態で露光を続けることができる。

【0098】

また、この第2の実施の形態にかかる走査型投影露光装置によれば、透過光学素子のウエハ側の先端部に単層膜であるフッ化マグネシウム(MgF₂)膜が成膜されているため、透過光学素子の溶解を防止することができる。また、多層膜と比較した場合において界面を少なくすることができるため、フッ化マグネシウム(MgF₂)膜の保護層の界面から液体が侵入した場合に起こり得る化学反応による悪影響を極力抑えることができる。また、多層膜により構成される膜を成膜する場合と比較して、簡易に成膜することができる。

【0099】

また、波長が200nm程度の露光光に対する純水の屈折率nは約1.44であり、波長193nmであるArFエキシマレーザ光は、ウエハW上において1/n、即ち134nmに短波長化されるため、高い解像度を得ることができる。

【0100】

また、この第2の実施の形態にかかる投影露光装置によれば、X方向及びY方向に互いに反転した2対の排出ノズルと流入ノズルとを備えているため、ウエハWを+X方向、-X方向、+Y方向または-Y方向に移動する場合においても、ウエハWと光学素子32との間を液体7により安定に満たし続けることができる。即ち、ウエハWの移動方向に応じた方向に液体を流すことにより、ウエハWと投影光学系PLの先端部との間を液体7により満たし続けることができる。

【0101】

また、液体7がウエハW上を流れるため、ウエハW上に異物が付着している場合であっても、その異物を液体7により流し去ることができる。また、液体7が液体供給装置5により所定の温度に調整されているため、ウエハW表面の温度も一定となり、露光の際に生じるウエハWの熱膨張による重ね合わせ精度の低下を防止することができる。従って、EGA(エンハンスド・グローバル・アライメント)方式のアライメントのように、アライメントと露光とに時間差のある場合であっても、ウエハの熱膨張による重ね合わせ精度の低下を防ぐことができる。

【0102】

また、この第2の実施の形態にかかる走査型投影露光装置によれば、ウエハWを移動させる方向と同一の方向に液体7が流れているため、異物や熱を吸収した液体を光学素子32の先端部32Aの直下の露光領域上に滞留させることなく液体回収装置6により回収することができる。

【0103】

なお、この第2の実施の形態にかかる投影露光装置においては、金属製溶解防止膜(溶解防止膜)として金(Au)により形成される膜により構成される金属膜を用いたが、金(Au)、白金(Pt)及び銀(Ag)の中の少なくとも1つにより形成される膜により構成される金属膜

を用いてもよい。

【0104】

また、この第2の実施の形態にかかる投影露光装置においては、タンタル(Ta)により形成される膜により構成される密着力強化膜を用いたが、タンタル(Ta)及びクロム(Cr)の少なくとも1つにより形成される膜により構成される密着力強化膜を用いてもよい。

【0105】

また、この第2の実施の形態にかかる投影露光装置においては、二酸化珪素(SiO_2)により形成される膜により構成される金属製溶解防止膜保護膜(溶解防止膜保護膜)を用いたが、二酸化珪素(SiO_2)、酸化イットリウム(Y_2O_3)、フッ化ネオジム(Nd_2F_3)、酸化クロム(Cr_2O_3)、五酸化タンタル(Ta_2O_5)、五酸化ニオブ(Nb_2O_5)、二酸化チタン(TiO_2)、二酸化ジルコニウム(ZrO_2)、二酸化ハフニウム(HfO_2)及び酸化ランタン(La_2O_3)の中の少なくとも1つにより形成される膜により構成される金属製溶解防止膜保護膜(溶解防止膜保護膜)を用いてもよい。

【0106】

また、この第2の実施の形態にかかる透過光学素子のテーパ一面においては、密着力強化膜、金属製溶解防止膜(溶解防止膜)、金属製溶解防止膜保護膜(溶解防止膜保護膜)が成膜されているが、金属製溶解防止膜(溶解防止膜)のみを成膜してもよい。また、密着力強化膜と金属製溶解防止膜(溶解防止膜)とを成膜してもよく、金属製溶解防止膜(溶解防止膜)と金属製溶解防止膜保護膜(溶解防止膜保護膜)とを成膜してもよい。

【0107】

また、第2の実施の形態においては、ノズルの数や形状は特に限定されるものでなく、例えば先端部32Aの長辺について2対のノズルで液体7の供給又は回収を行うようにしてもよい。なお、この場合には、+X方向、又は-X方向のどちらの方向からも液体7の供給及び回収を行うことができるようにするため、排出ノズルと流入ノズルとを上下に並べて配置してもよい。

【0108】

また、露光光として F_2 レーザ光を用いる場合は、液体としては F_2 レーザ光が透過可能な例えばフッ素系オイルや過フッ化ポリエーテル(PFPE)等のフッ素系の液体を用いればよい。

【0109】

なお、上述の各実施の形態においては、投影光学系のウエハ側の透過光学素子のテーパ一面に金属製溶解防止膜(溶解防止膜)を成膜したが、投影光学系のウエハ側の透過光学素子のテーパ一面以外の表面に金属製溶解防止膜(溶解防止膜)を成膜してもよい。

【0110】

また、上述の各実施の形態においては、投影光学系のウエハ側の透過光学素子のテーパ一面に金(Au)、即ち金属により形成される膜により構成される金属製溶解防止膜を成膜したが、水への溶解度が2ppm以下である物質または充填密度が95%以上である物質により形成される膜により構成される溶解防止膜を成膜してもよい。

【0111】

また、上述の各実施の形態においては、スパッタリング法により密着力強化膜、金属製溶解防止膜(溶解防止膜)、金属製溶解防止膜保護膜(溶解防止膜保護膜)を成膜したが、これに代えて真空蒸着法またはCVD法により成膜してもよい。

【0112】

また、上述の各実施の形態においては、透過光学素子のウエハ側の先端部にフッ化マグネシウム(MgF_2)膜を成膜したが、これに代えてフッ化ランタン(LaF_3)、フッ化ストロンチウム(SrF_2)、フッ化イットリウム(YF_3)、フッ化ルテニウム(LuF_3)、フッ化ハフニウム(HfF_4)、フッ化ネオジム(NdF_3)、フッ化ガドリニウム(GdF_3)、フッ化イッテリビウム(YbF_3)、フッ化ディスプロシウム(DyF_3)、フッ化アルミニウム(AlF_3)、クリオライト(Na_3AlF_6)、チオライト($5\text{NaF} \cdot 3\text{AlF}_3$)、酸化アルミニウム(Al_2O_3)、二酸化珪素(SiO_2)、二酸化チタン(TiO_2)、酸化マグネシウム(MgO)、二酸化ハフニウム(HfO_2)、酸化クロム(Cr_2O_3)、二酸

化ジルコニウム(ZrO_2)、五酸化タンタル(Ta_2O_5)及び五酸化ニオブ(Nb_2O_5)の中の少なくとも1つにより構成されるフッ化物膜または酸化物膜を成膜してもよい。

【0113】

また、上述の各実施の形態においては、真空蒸着法によりフッ化マグネシウム(MgF_2)膜を透過光学素子のウエハ側の先端部に成膜したが、これに代えてイオンビームアシスト蒸着法、ガスクラスタールイオンビームアシスト蒸着法、イオンプレーティング法、イオンビームスパッタリング法、マグネトロンスパッタリング法、バイアススパッタリング法、ECRスパッタリング法、RFスパッタリング法、熱CVD法、プラズマCVD法及び光CVD法の中の少なくとも1つの成膜方法により成膜してもよい。

【0114】

なお、透過光学素子のウエハ側の先端部にフッ化物膜を成膜する場合には、最適な成膜方法として真空蒸着法、イオンビームアシスト蒸着法、ガスクラスタールイオンビームアシスト蒸着法、イオンプレーティング法が挙げられる。しかしながら、フッ化マグネシウム(MgF_2)及びフッ化イットリウム(YF_3)については、スパッタリング法により成膜してもよい。また、透過光学素子のウエハ側の先端部に酸化物膜を成膜する場合には、上述の全ての成膜方法を用いることができる。

【0115】

また、透過光学素子のウエハ側の先端部に成膜されるフッ化物膜または酸化物膜、特にフッ化ランタン(LaF_3)は、結晶方位が(111)面である蛍石を光学素子の基材とした場合、その成膜面に成膜されることによりヘテロエピタキシャル成長する。この場合において、成膜された溶解防止膜は、非常に緻密となり、かつ非常に欠陥の少ない結晶構造となる。

【0116】

また、上述の各実施の形態においては、ウエハの表面と投影光学系のウエハ側の蛍石により形成された透過光学素子との間を液体により満たしているが、ウエハの表面と投影光学系のウエハ側の蛍石により形成された透過光学素子との間の一部に液体を介在させるようにしてもよい。

【0117】

また、上述の各実施の形態においては、液体7として純水を使用した。液体としては、純水に限らず、露光光に対する透過性があるだけ屈折率が高く、投影光学系やウエハ表面に塗布されているフォトリジストに対して安定なもの(例えばセダー油等)を使用することもできる。

【0118】

また、上述の各実施の形態においては、投影光学系PLとウエハ(基板)Wとの間を局部的に液体で満たす露光装置を採用しているが、特開平6-124873号公報に開示されているような露光対象の基板を保持したステージを液槽の中で移動させる液浸露光装置や、特開平10-303114号公報に開示されているようなステージ上に所定深さの液体槽を形成し、その中に基板を保持する液浸露光装置にも本発明を適用可能である。

【0119】

また、本発明は、特開平10-163099号公報、特開平10-214783号公報、特表2000-505958号公報等を開示されているように、ウエハ等の被処理基板を別々に載置してXY方向に独立に移動可能な2つのステージを備えたツインステージ型の露光装置にも適用できる。

【実施例1】

【0120】

図8は、実施例1にかかる透過光学素子50の構成を示す図である。図8に示すように、蛍石52の基板上に、スパッタリング法を用いて、タンタル(Ta)を10nm成膜し、密着力強化膜53を形成する。密着力強化膜53は、蛍石52と密着力強化膜53の表面に成膜される金属膜54の密着力を向上させるために機能する。また、密着力を強化するために必要な膜厚は10nm以上であるが、3~5nmの膜厚においても密着力としての効

果を得ることができる。

【0121】

次に、密着力強化膜53の表面に、スパッタリング法を用いて、水に対する溶解を防止するための溶解保護膜として金(Au)により構成される金属膜54を200nm成膜する。ここで、金属膜54の密度はX線回折の臨界角より求めることができ、スパッタリング法により成膜した場合、金属膜54の充填密度は97%以上である。また、金属膜54の水への溶解度は、スパッタリング法により成膜した場合、1ppt以下である。

【0122】

次に、200℃に加熱した蛍石52の基板上の金属膜54の表面に、スパッタリング法を用いて、金属膜54の機械的強度を向上させるための溶解防止膜保護膜として二酸化珪素(SiO₂)膜55を50nm成膜する。ここで、蛍石52の基板を200℃程度に加熱する加熱成膜は、非加熱成膜と比較して機械的強度がより強い膜を形成することができる。なお、二酸化珪素(SiO₂)膜55を成膜する場合の加熱は、熱膨張率が大きい蛍石基板の熱衝撃による破損や面形状変化を防止するために、蛍石基板全体が均一に加熱する。また、蛍石基板を加熱または冷却させる場合、50℃/時間以下の速度で加熱または冷却を行う必要がある。また、二酸化珪素(SiO₂)膜55には、水クラスターが透過可能な微小欠陥が存在するが、金属膜54が水に不溶であるため蛍石52の基板に水が侵入することはない。

【0123】

透過光学素子50を用いて実験を行った。図9は、この実施例にかかる試験器80の構成を示す図である。図9に示すように試験器80は、サンプルホルダ81、循環ポンプ82、重水供給装置83、バッファータンク84により構成されている。サンプルホルダ81は、その一面が解放されており、その解放面にOリング85を備えている。サンプルホルダ81の解放面に透過光学素子50の密着力強化膜53、金属膜54、二酸化珪素(SiO₂)膜55が成膜されている面がOリング85によってシールされている。循環ポンプ82により重水供給装置83から供給される重水をバッファータンク84を介してサンプルホルダ81内部に流す。ここで、バッファータンク84は、循環ポンプ82の振動がサンプルホルダ81に伝わらないようにするために設置されている。また、純水(H₂O)ではなく重水(D₂O)を流すことにより、耐水性試験後に透過光学素子50の表面からの深さ方向に対して重水が浸透する量を計測することができる。

【0124】

試験器80にて透過光学素子50上での重水の移動速度が50cm/秒となるように設定し、30日間の耐水試験を行った。その結果、透過光学素子50の表面に成膜されている膜は剥離することなく、透過光学素子50の外観に変化は見られなかった。また、二次イオン質量分析法(SIMS)にて透過光学素子50の表面からの深さ方向に対しての重水の浸透を評価した結果、二酸化珪素(SiO₂)膜55に重水は浸透していたが、金属膜54に重水は浸透していなかった。

【実施例2】

【0125】

図10は、実施例2にかかる透過光学素子58の構成を示す図である。図10に示すように、蛍石59の基板上に、スパッタリング法を用いて、水に対する溶解を防止するための溶解保護膜として金(Au)により構成される金属膜60を200nm成膜する。ここで、金属膜60の密度はX線回折の臨界角より求めることができ、スパッタリング法により成膜した場合、金属膜60の充填密度は97%以上である。また、金属膜60の水への溶解度は、スパッタリング法により成膜した場合、1ppt以下である。

【0126】

次に、200℃に加熱した蛍石59の基板上の金属膜60の表面に、スパッタリング法を用いて、金属膜60の機械的強度を向上させるための溶解防止膜保護膜として二酸化珪素(SiO₂)膜61を50nm成膜する。ここで、蛍石59の基板を200℃程度に加熱する加熱成膜は、非加熱成膜と比較して機械的強度がより強い膜を形成することができる。なお、二酸化珪素(SiO₂)膜61を成膜する場合の加熱は、熱膨張率が大きい蛍石基板の熱衝

撃による破損や面形状変化を防止するために、蛍石基板全体が均一に加熱する。また、蛍石基板を加熱または冷却させる場合、50℃/時間以下の速度で加熱または冷却を行う必要がある。また、二酸化珪素(SiO₂)膜61には、水クラスターが透過可能な微小欠陥が存在するが、金属膜60が水に不溶であるため蛍石59の基板に水が侵入することはない。

【0127】

透過光学素子58を用いて実験を行った。実施例1と同様に、図9に示す試験器80にて透過光学素子58上での重水の移動速度が50cm/秒となるように設定し、30日間の耐水試験を行った。その結果、透過光学素子58の表面に成膜されている膜は剥離することなく、透過光学素子58の外観に変化は見られなかった。また、二次イオン質量分析法(SIMS)にて透過光学素子58の表面からの深さ方向に対しての重水の浸透を評価した結果、二酸化珪素(SiO₂)膜61に重水は浸透していたが、金属膜60に重水は浸透していなかった。

【実施例3】

【0128】

図11は、実施例3にかかる透過光学素子65の構成を示す図である。図11に示すように、蛍石66の基板の上に、スパッタリング法を用いて、タンタル(Ta)を10nm成膜し、密着力強化膜67を形成する。密着力強化膜67は、蛍石66と密着力強化膜67の表面に成膜される金属膜68の密着力を向上させるために機能する。また、密着力を強化するために必要な膜厚は10nm以上であるが、3~5nmの膜厚においても密着力としての効果を得ることができる。

【0129】

次に、密着力強化膜67の表面に、スパッタリング法を用いて、水に対する溶解を防止するための溶解保護膜として金(Au)により構成される金属膜68を200nm成膜する。ここで、金属膜67の密度はX線回折の臨界角より求めることができ、スパッタリング法により成膜した場合、金属膜67の充填密度は97%以上である。また、金属膜67の水への溶解度は、スパッタリング法により成膜した場合、1ppt以下である。

【0130】

透過光学素子65を用いて実験を行った。実施例1と同様に、図9に示す試験器80にて透過光学素子65上での重水の移動速度が50cm/秒となるように設定し、30日間の耐水試験を行った。その結果、透過光学素子65の表面に成膜されている膜は剥離することなく、透過光学素子65の外観に変化は見られなかった。また、二次イオン質量分析法(SIMS)にて透過光学素子65の表面からの深さ方向に対しての重水の浸透を評価した結果、重水は浸透していなかった。

【0131】

なお、上述の各実施例においては、成膜方法としてスパッタリング法を用いたが、真空蒸着法またはCVD法を用いて密着力強化膜、金属膜、溶解防止膜保護膜を成膜してもよい。

【比較例】

【0132】

図12は、比較例にかかる透過光学素子70の構成を示す図である。図12に示すように、蛍石71の基板の上に、200℃に加熱した蛍石71の基板の上に、スパッタリング法を用いて、二酸化珪素(SiO₂)膜72を200nm成膜する。なお、二酸化珪素(SiO₂)膜72を成膜する場合の加熱は、熱膨張率が大きい蛍石基板の熱衝撃による破損や面形状変化を防止するために、蛍石基板全体が均一に加熱する。また、蛍石基板を加熱または冷却させる場合、50℃/時間以下の速度で加熱または冷却を行う必要がある。

【0133】

透過光学素子70を用いて実験を行った。実施例1と同様に、図9に示す試験器80にて透過光学素子70上での重水の移動速度が50cm/秒となるように設定し、30日間の耐水試験を行った。その結果、二酸化珪素(SiO₂)膜72には水クラスターが透過可能な微小欠陥が存在するため、透過光学素子70の表面に成膜されている膜の内部を重水が通

過し、通過した重水が蛍石 71 の表面をエッチングしたため大量のエッチピットが発生した。

【0134】

実施例 1～実施例 3 にかかる透過光学素子によれば、比較例にかかる透過光学素子と比較した場合において、その光学特性を変化させることなく重水の浸透及び侵食を防止することができる。

【図面の簡単な説明】

【0135】

【図 1】本発明の第 1 の実施の形態において使用される投影露光装置の概略構成を示す図である。

【図 2】第 1 の実施の形態にかかる投影光学系 PL の光学素子 4 の先端部 4 A と X 方向用の排出ノズル及び流入ノズルとの位置関係を示す図である。

【図 3】第 1 の実施の形態にかかる投影光学系 PL の光学素子 4 の先端部 4 A と、Y 方向から液体の供給及び回収を行う排出ノズル及び流入ノズルとの位置関係を示す図である。

【図 4】第 1 の実施の形態にかかる光学素子 4 とウエハ W との間への液体 7 の供給及び回収の様子を示す要部の拡大図である。

【図 5】本発明の第 2 の実施の形態において使用される投影露光装置の投影光学系 PLA の下端部、液体供給装置 5、及び液体回収装置 6 等を示す正面図である。

【図 6】第 2 の実施の形態にかかる投影光学系 PLA の光学素子 32 の先端部 32 A と X 方向用の排出ノズル及び流入ノズルとの位置関係を示す図である。

【図 7】第 2 の実施の形態にかかる投影光学系 PLA の光学素子 32 の先端部 32 A と、Y 方向から液体の供給及び回収を行う排出ノズル及び流入ノズルとの位置関係を示す図である。

【図 8】実施例 1 の透過光学素子の構成を示す図である。

【図 9】実施例 1 の試験器の構成を示す図である。

【図 10】実施例 2 の透過光学素子の構成を示す図である。

【図 11】実施例 3 の透過光学素子の構成を示す図である。

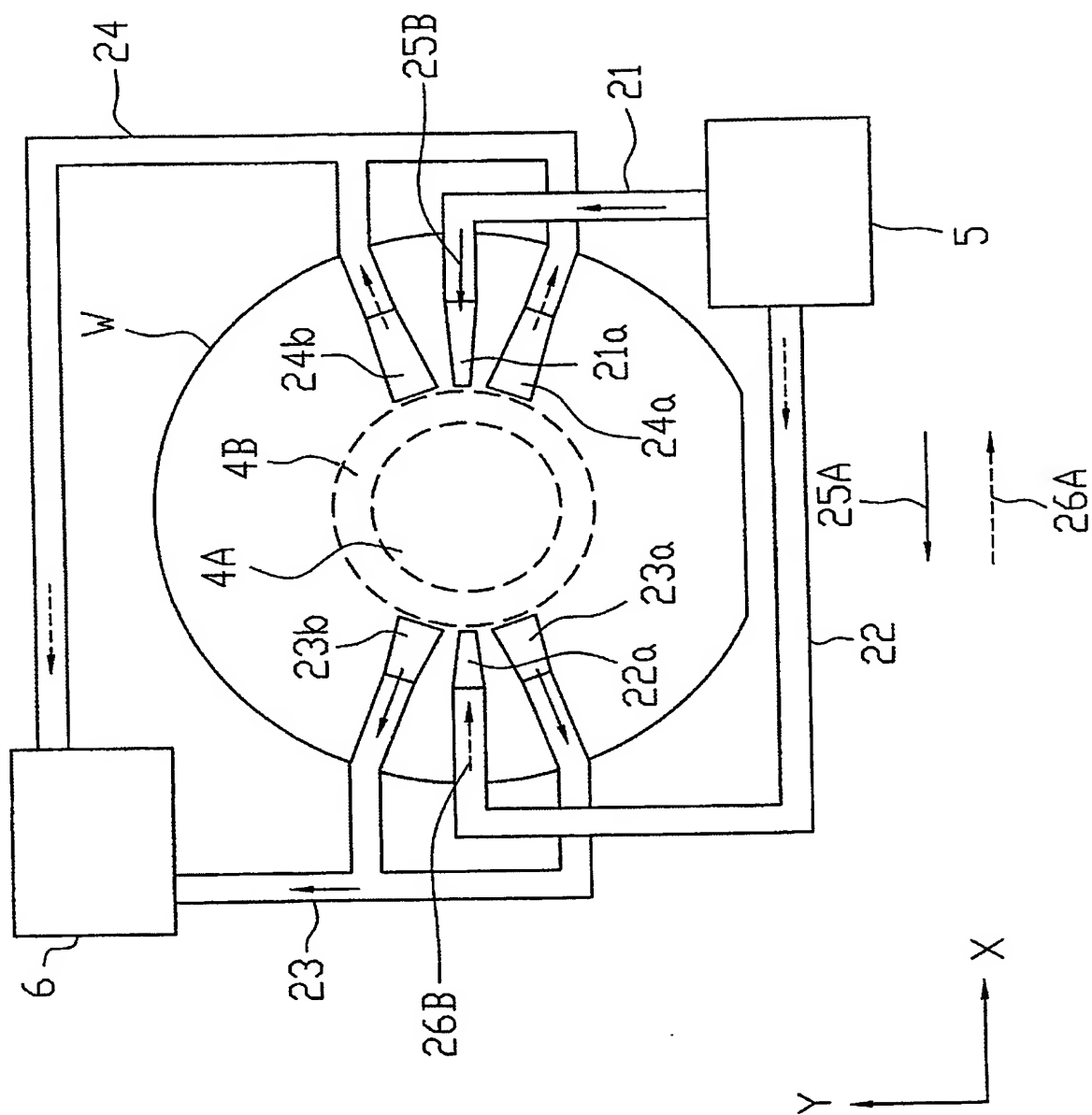
【図 12】比較例の透過光学素子の構成を示す図である。

【符号の説明】

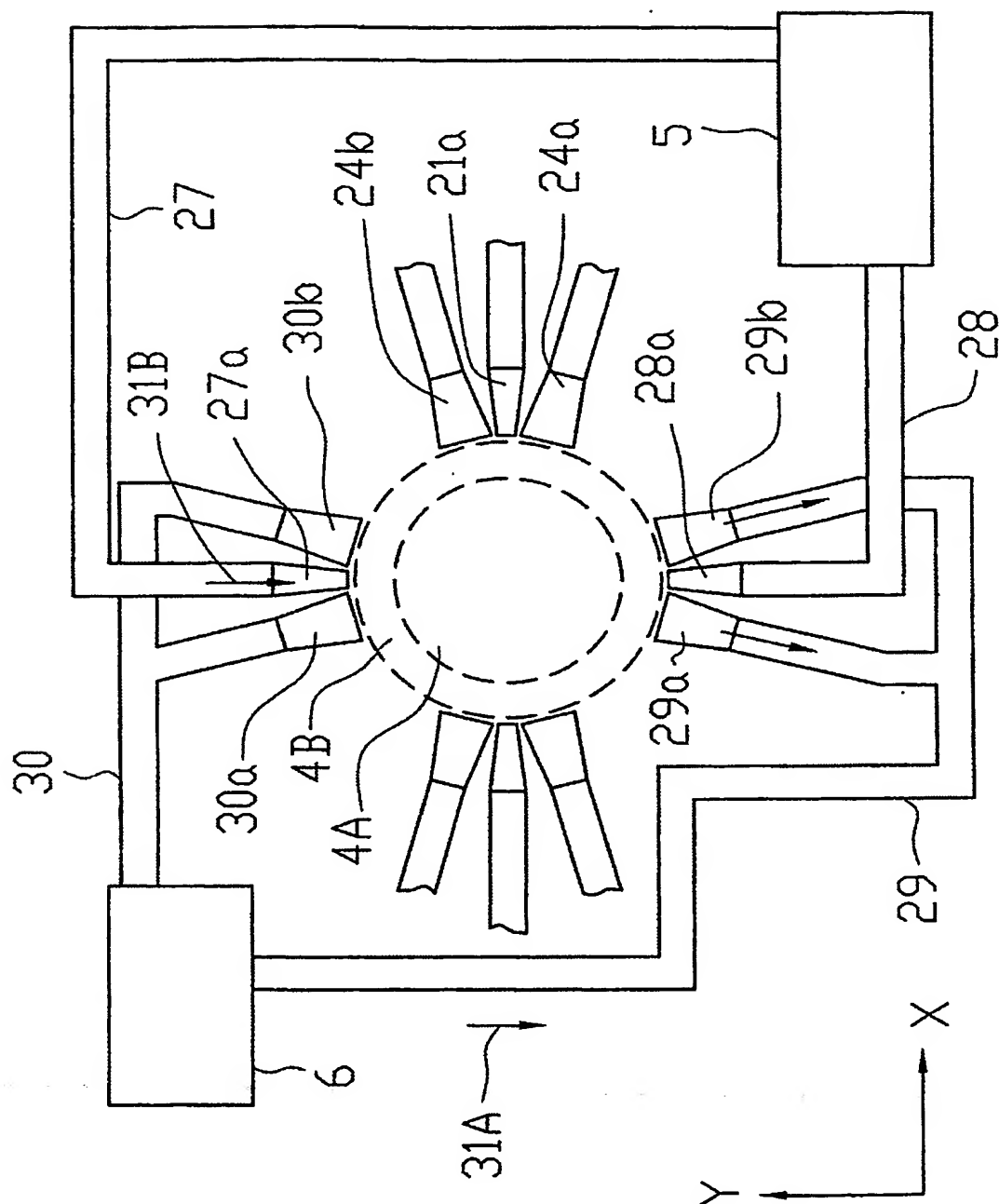
【0136】

R・・・レチクル、PL・・・投影光学系、W・・・ウエハ、1・・・照明光学系、4, 32・・・透過光学素子、4 A, 32 A・・・透過光学素子のウエハ側の先端部、4 B, 32 B・・・透過光学素子のテーパ面、5・・・液体供給装置、6・・・液体回収装置、7・・・液体、9・・・Z ステージ、10・・・XY ステージ、14・・・主制御系、21, 22・・・供給管、21 a～21 c, 22 a～22 c・・・排出ノズル、23, 24・・・回収管、23 a, 23 b, 24 a, 24 b・・・流入ノズル、80・・・試験器、81・・・サンプルホルダ、82・・・循環ポンプ、83・・・重水供給装置、84・・・バッファータンク、85・・・O リング。

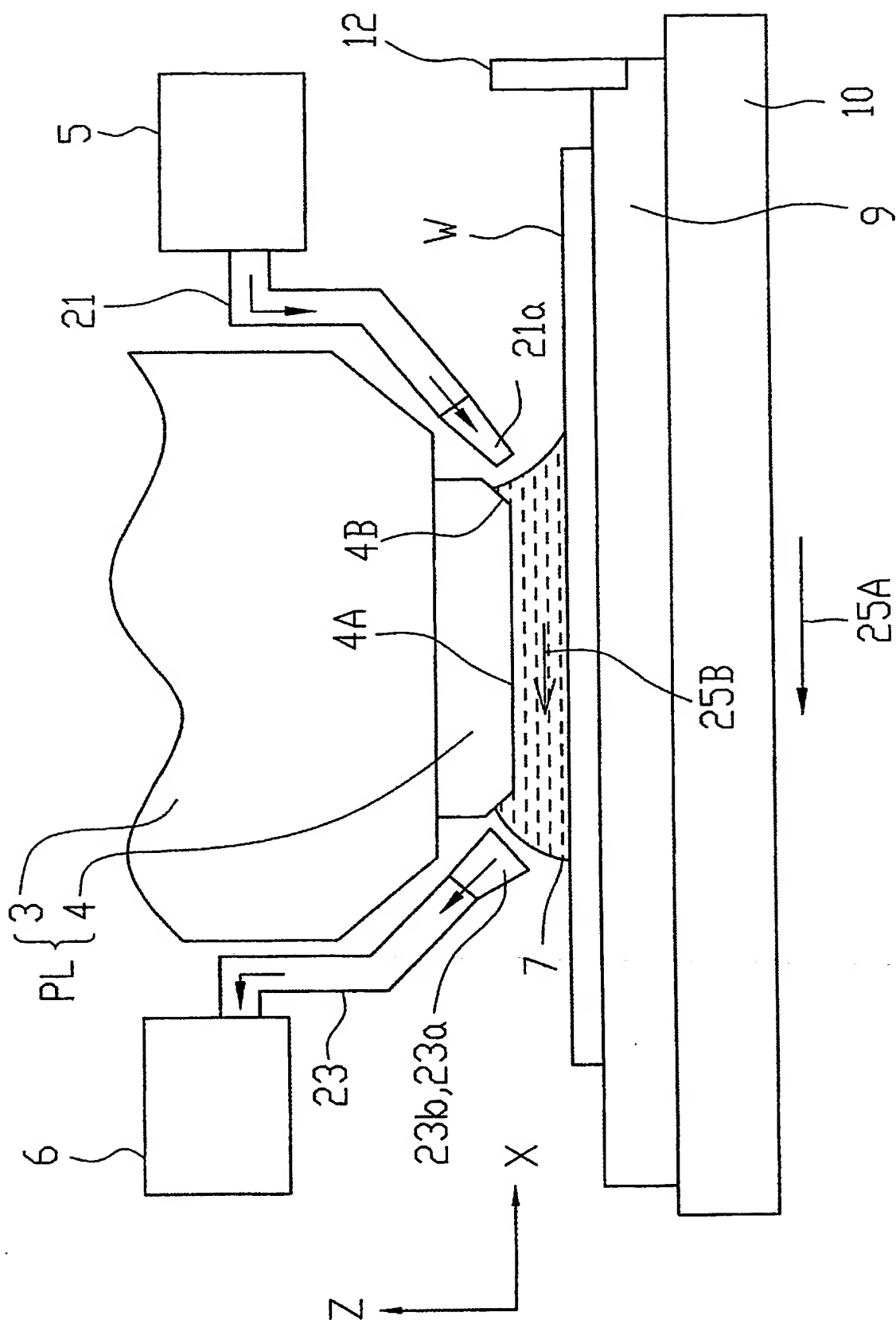
【図 2】



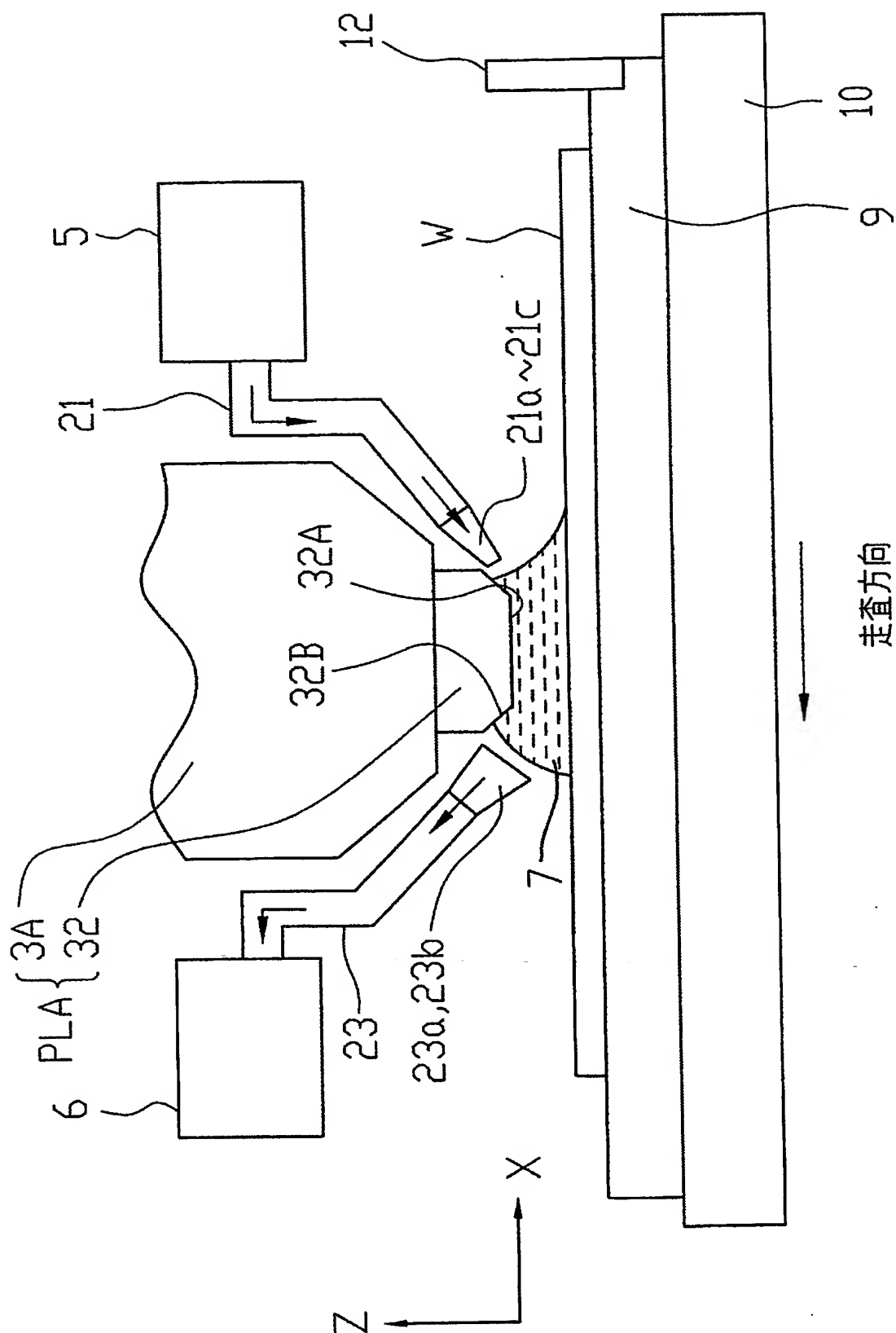
【図 3】



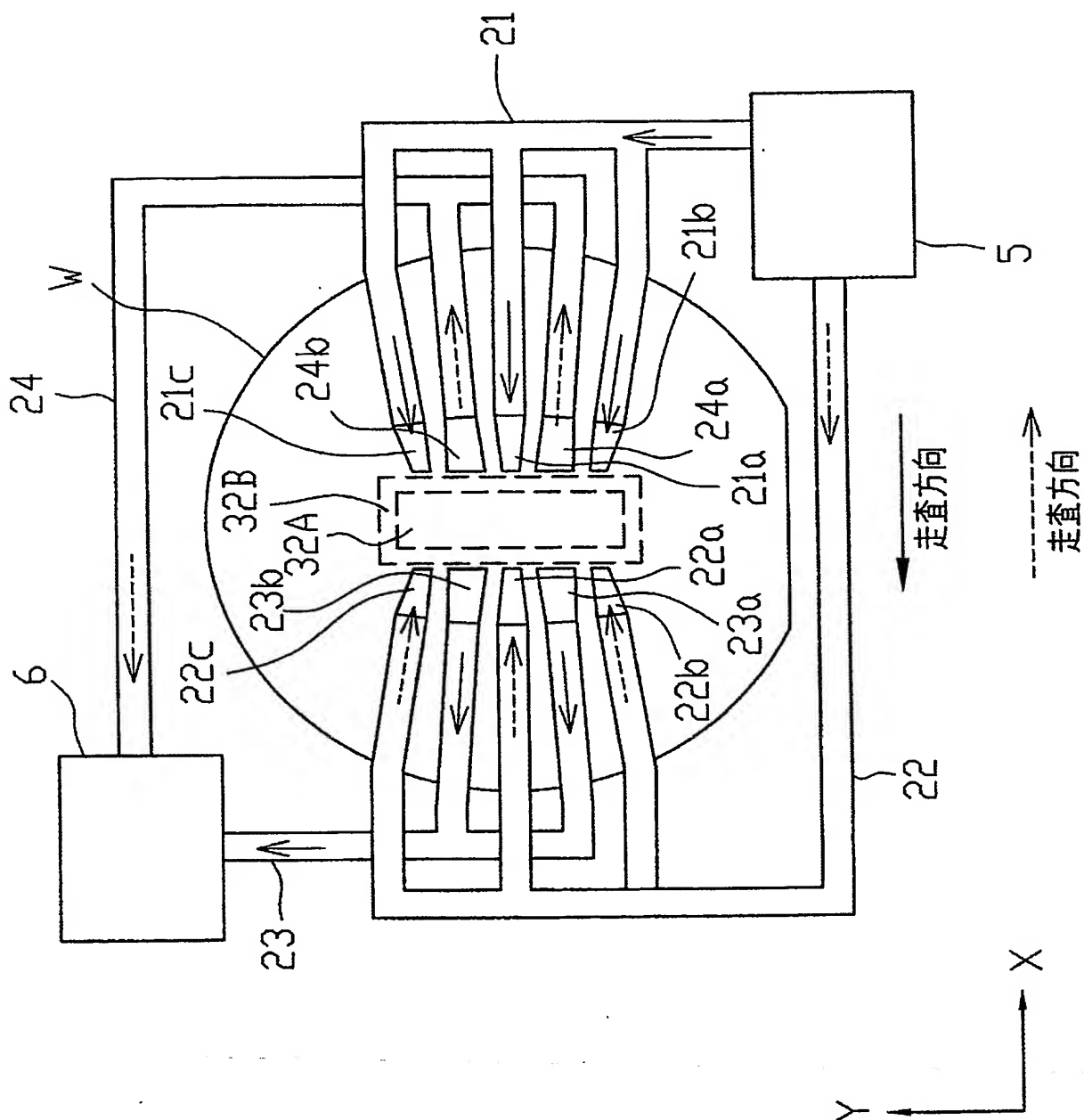
【図 4】



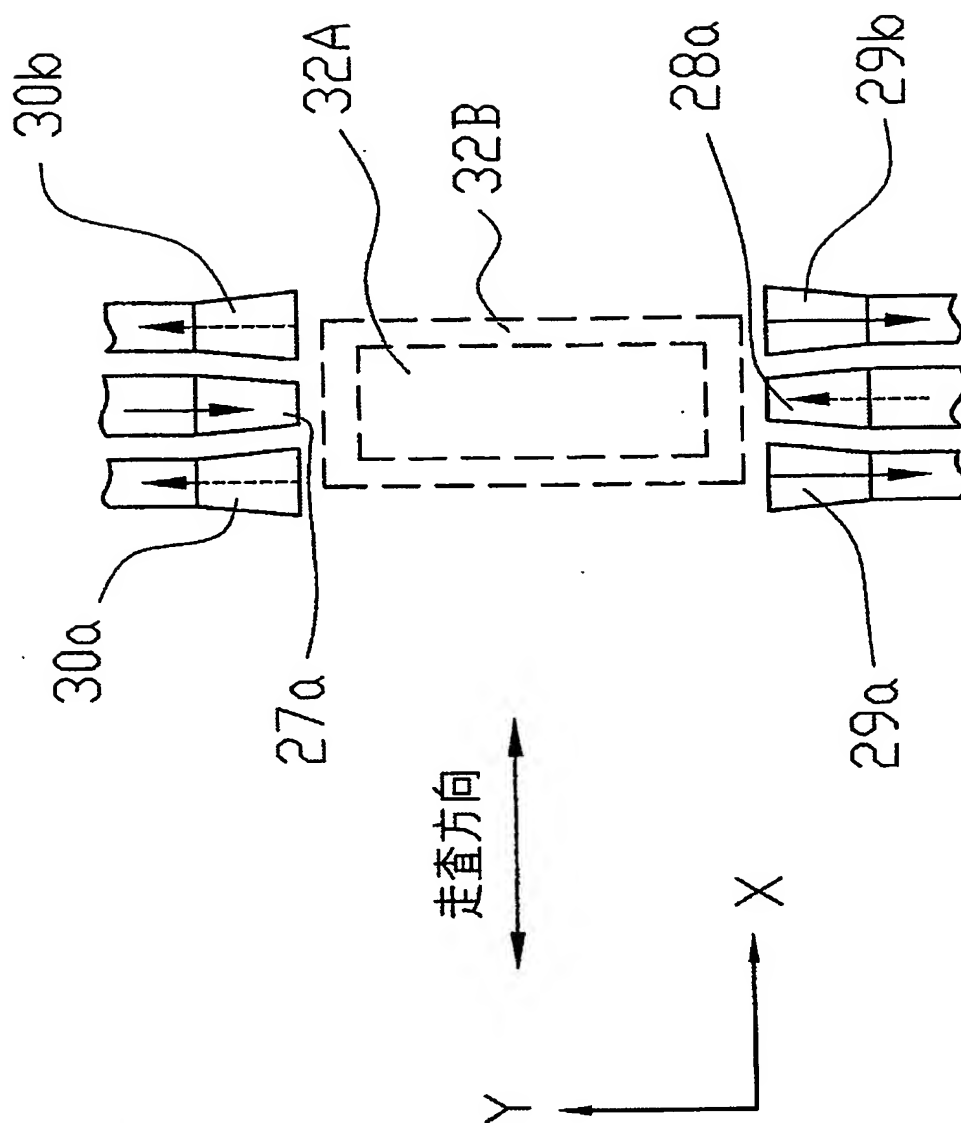
【図 5】



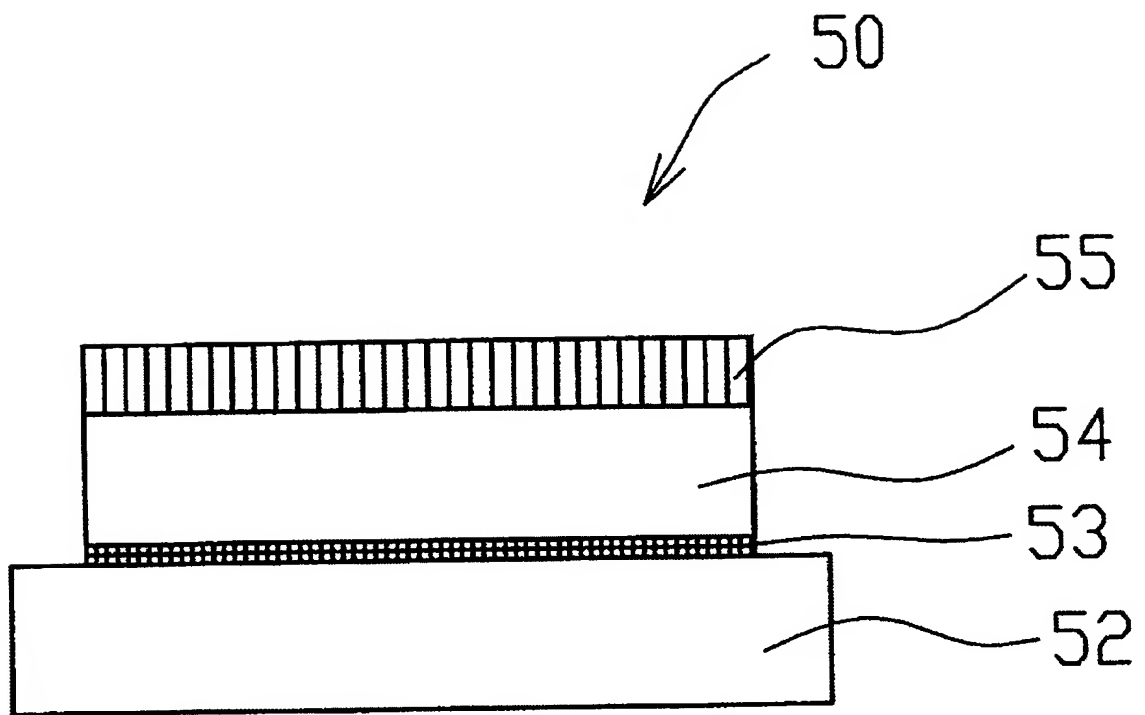
【図 6】



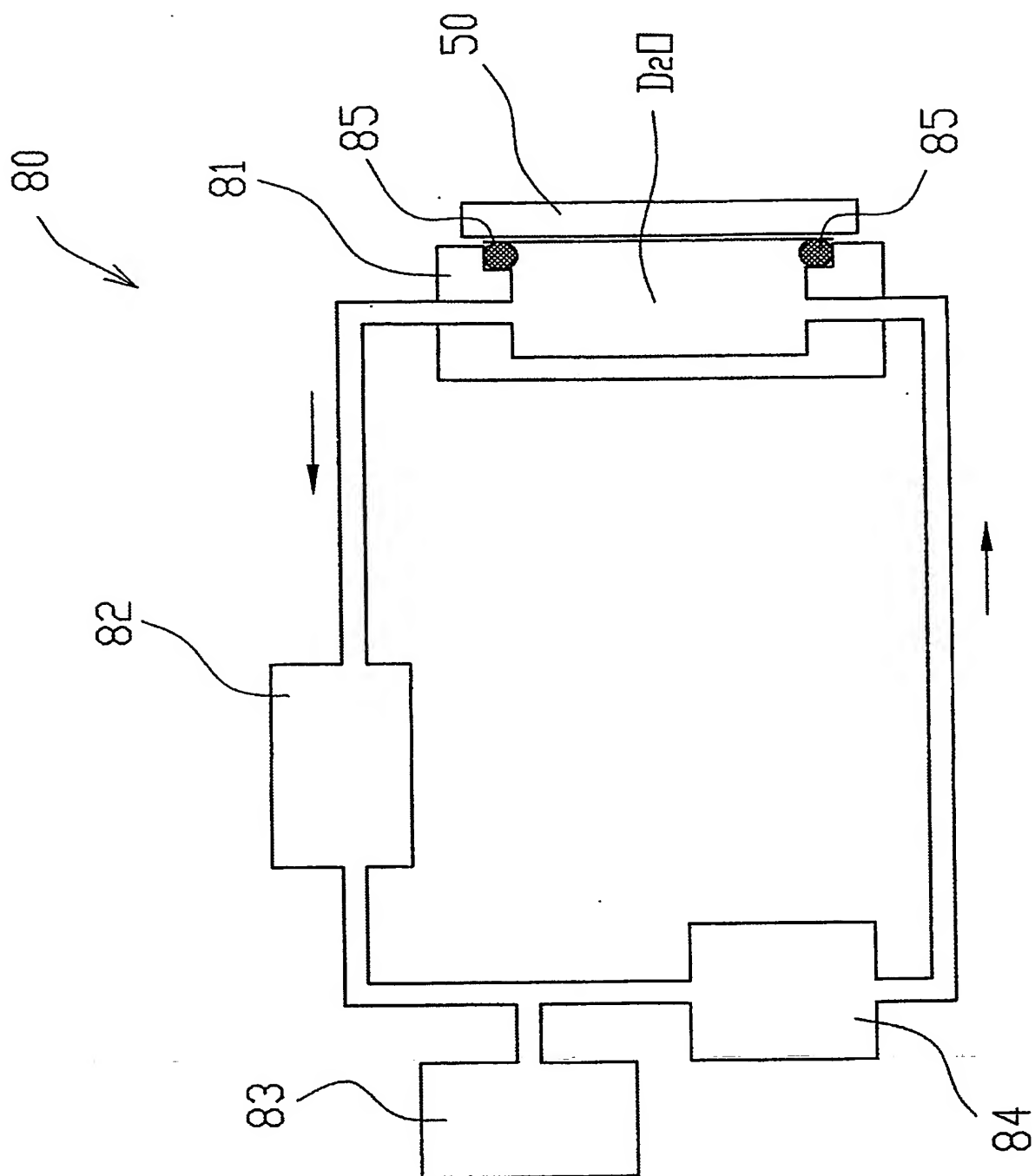
【図 7】



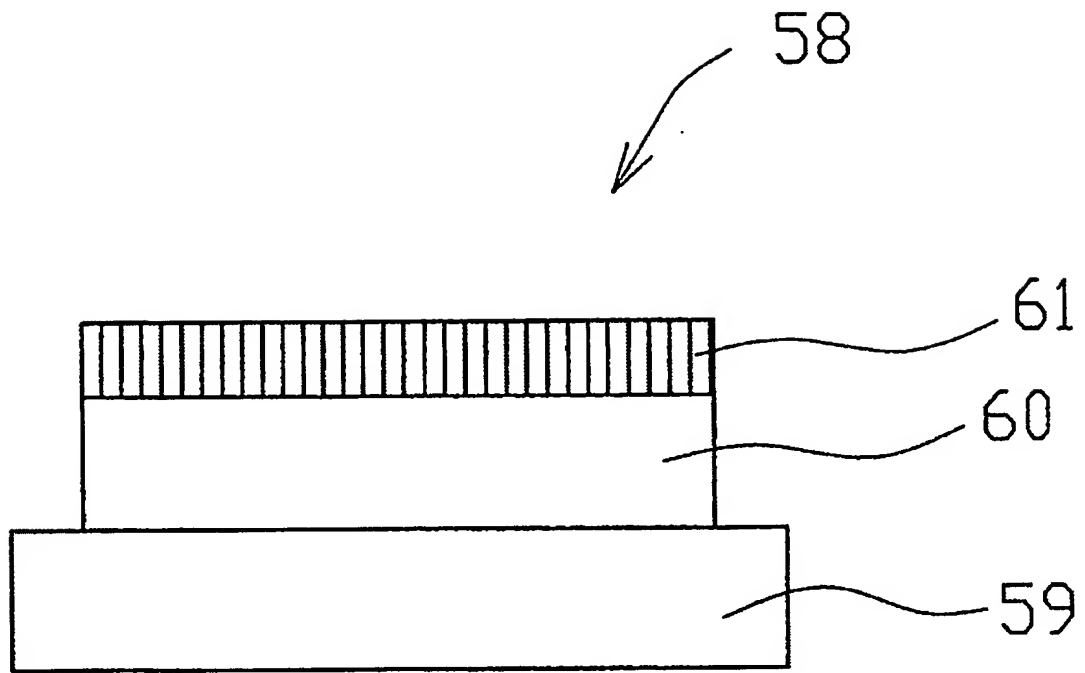
【図 8】



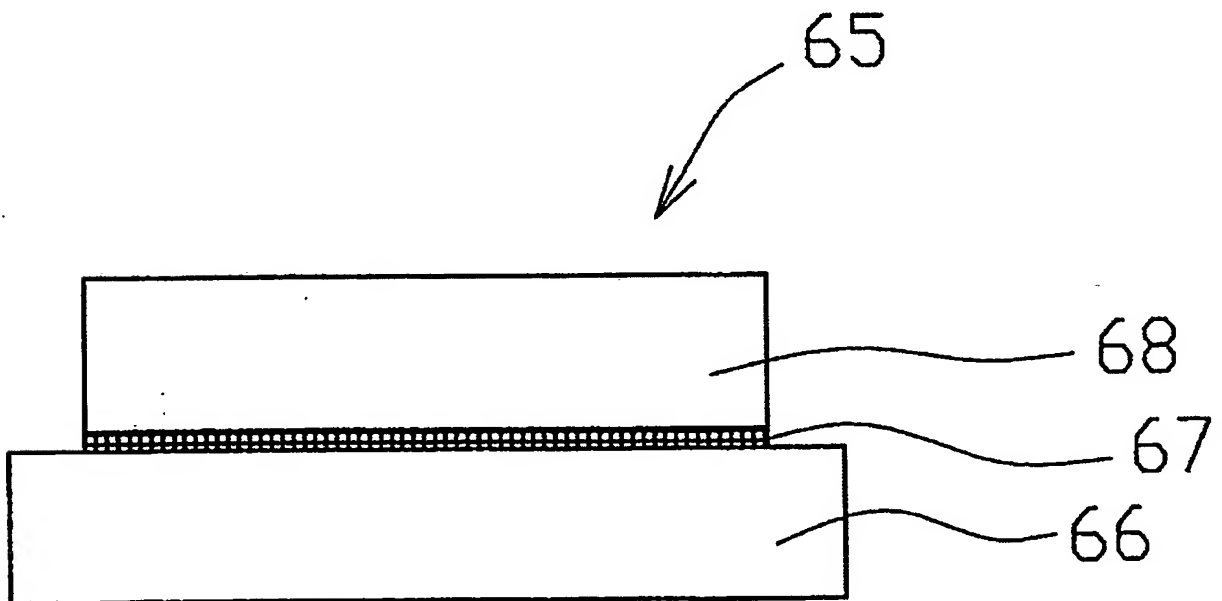
【図 9】



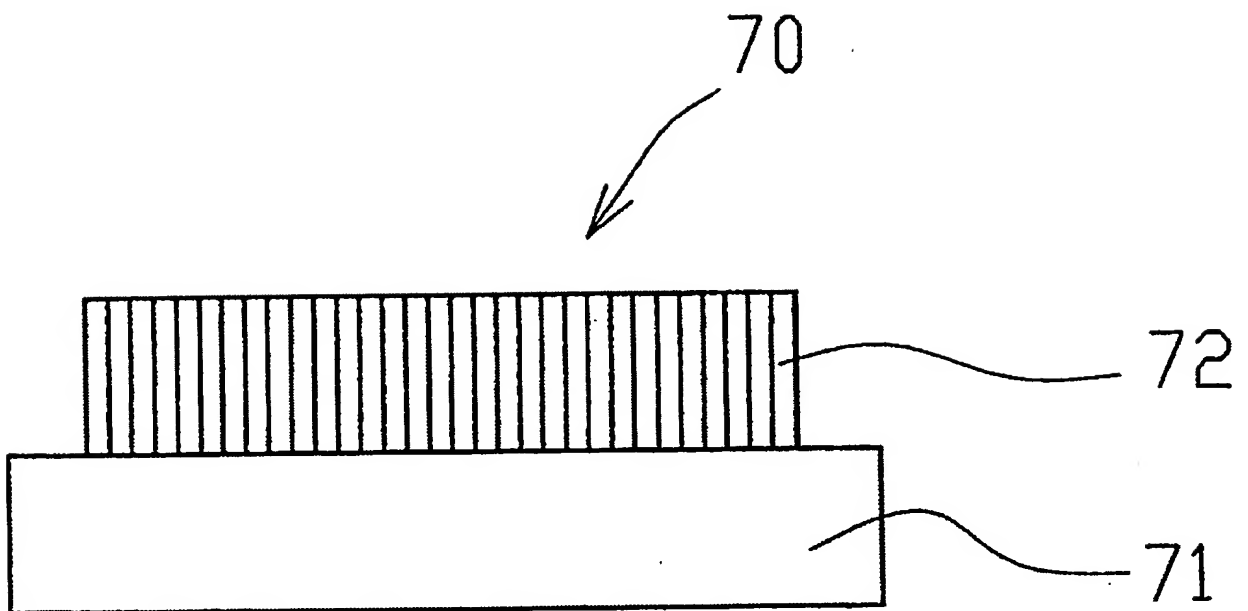
【図 10】



【図 11】



【図 12】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 液浸法を適用した場合に、投影光学系の先端部が液体によって浸食されない光学素子を提供する。

【解決手段】 露光ビーム I L でマスク R を照明し、投影光学系 P L を介して前記マスク R のパターンを基板 W 上に転写し、前記基板 W の表面と前記投影光学系 P L との間に所定の液体 7 を介在させた露光装置に使用される光学素子において、前記投影光学系 P L の前記基板 W 側の透過光学素子 4 の表面に前記液体 7 への溶解を防止するための金属製溶解防止膜が成膜されていることを特徴とする。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 4 - 0 4 1 8 4 8

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 4 1 1 2]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 9 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都千代田区丸の内 3 丁目 2 番 3 号

氏 名

株式会社ニコン